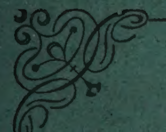
3e Série, t. IX. — 1881. — No 7.



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

(CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830, A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE, PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1832.)

TROISIÈME SÉRIE

TOME NEUVIÈME

Feuilles 37-46 (4-12 Septembre 1881)
(Réunion extraordinaire à Grenoble et Table des Matières).

Planches XVI et XVII

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ
Rue des Grands-Augustins, 7
1883 A 1884

Le Bulletin parait par livraisons mensuelles.
MARS 1884

EXTRAIT DU RÈGLEMENT CONSTITUTIF DE LA SOCIÉTÉ

APPROUVÉ PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1833

ART. III. Le nombre des membres de la Société est illimité (1). Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. IV. L'administration de la Société est confiée à un Bureau et à un Conseil, dont le Bureau fait essentiellement partie.

ART. V. Le Bureau est composé d'un président, de quatre vice-présidents, de deux secrétaires, de deux vice-secrétaires, d'un trésorier, d'un archiviste.

ART. VI. Le président et les vice-présidents sont élus pour une année; les secrétaires et les vice-secrétaires, pour deux années; le trésorier, pour trois années; l'archiviste, pour quatre années.

ART. VII. Aucun fonctionnaire n'est immédiatement rééligible dans les mêmes fonctions.

ART. VIII. Le Conseil est formé de douze membres, dont quatre sont remplacés chaque année.

ART. IX. Les membres du Conseil et ceux du Bureau, sauf le président, sont élus à la majorité absolue. Leurs fonctions sont gratuites.

ART. X. Le président est choisi, à la pluralité, parmi les quatre vice-présidents de l'année précédente. Tous les membres sont appelés à participer à son élection, directement ou par correspondance.

ART. XI. La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet (2).

ART. XII. Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un des points de la France qui aura été préalablement déterminé. Un Bureau sera spécialement organisé par les membres présents à ces réunions.

ART. XIV. Un *Bulletin* périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. XVII. Chaque membre paye : 1° un droit d'entrée, 2° une cotisation annuelle. Le droit d'entrée est fixé à la somme de 20 francs. Ce droit pourra être augmenté par la suite, mais seulement pour les membres à élire. La cotisation annuelle est invariablement fixée à 30 francs. La cotisation annuelle peut, au choix de chaque membre, être remplacée par le versement d'une somme fixée par la Société en assemblée générale (*Décret du 12 décembre 1873*) (3).

(1) Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation, avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président, et avoir reçu le diplôme de membre de la Société (*Art. 4 du règlement administratif*).

(2) Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres (*Art. 42 du règlement administratif*).

(3) Cette somme a été fixée à 400 francs (*Séance du 20 novembre 1871*).

TABLEAU INDICATIF DES JOURS DE SÉANCE

ANNÉE 1883-1884

Les séances se tiennent à 8 heures du soir, rue des Grands-Augustins, 7

Les 1er et 3e lundis de chaque mois.

Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
5	3	7	4	3	7	5	9
		14			17*		
19	17	28	18	17	21	19	23

* *Séance générale annuelle.*

La bibliothèque de la Société est ouverte aux Membres les lundis, mercredis et vendredis, de 11 à 5 heures.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

RÉUNION EXTRAORDINAIRE A GRENOBLE

Du 4 *au* 11 *Septembre* 1881.

Les Membres de la Société qui ont pris part aux travaux de la session sont :

MM.
Baron.
Barret (l'abbé).
Benoit.
Bergeron.
Berthelin.
Bertrand (Marcel).
Bonnardot.
Bonneau du Martray.
Carez (Léon).
Chaignon (de).
Cloez.
Collot.
Cuvier.
Daval.
Delafond (Fréd.).
Didelot.
Dupont.
Fabre.
Fallot.
Farge.

MM.
Fayol.
Féraud-Giraud.
Fontannes.
Garnier.
Hébert.
Hollande.
Huguenin.
I'Anson.
Jannettaz.
Jaubert.
Korthals.
Lamothe (L. J. B de).
Leenhardt.
Lemesle.
L'Hote.
Lory.
Loustau.
Marès (P.).
Monvenoux.
Orieulx de la Porte.

MM.
Pellat.
Pillet.
Potier.
Renevier.
Révil.
Rey-Lescure.
Reymond.
Riaz-Audra (de).
Ricard.
Rolland.
Rouville (de).
Sayn.
Schlumberger.
Siegen.
Soulier (l'abbé).
Tabuteau.
Tardy.
Toucas.

Plusieurs personnes étrangères à la Société ont pris part aux excursions. Nous citerons :

MM. Bartholoméis.
David.
Mainfroid.
Marès (Roger).
Riche.
Six.
Thomas.
Viguier.

LISTE DES PRINCIPALES PUBLICATIONS

RELATIVES A LA RÉGION VISITÉE.

1779. **Guettard.** *Mémoires sur la Minéralogie du Dauphiné.*

1803. **Héricart de Thury.** *Mémoire sur l'anthracite* (de l'Oisans); (*Journal des Mines,* t. XIV.)

1808. **Brochant de Villiers.** *Terrains de transition de la Tarantaise,* etc. (*Ibid.,* t. XXIII.)

1813. **Héricart de Thury.** *Lignites du Bas-Dauphiné* (*Ibid.,* t. XXXIII.)

1819. **Brochant de Villiers.** *Sur les roches granitoïdes du Mont-Blanc et autres cimes centrales des Alpes.* (*Ann. des Mines,* 1re sér., t. IV.)

1827. **Elie de Beaumont.** *Ann. des Sc. nat.,* 1re sér., t. XIV. (Petit-Cœur, etc.)

1828. **Elie de Beaumont.** *Ann. des Sc. nat.,* 1re sér., t. XV. (Aiguilles d'Arves, Chardonnet, etc.)

1829-30. **Elie de Beaumont.** *Ann. des Sc. nat.,* 1re sér., t. XVIII et XIX. (*Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe.*)

1830. **Gueymard.** *Sur la minéralogie et la géologie du département des Hautes-Alpes;* in-8°, avec carte géologique.

1831. **Gueymard.** *Sur la minéralogie et la géologie du département de l'Isère;* in-8°, avec carte géologique.

1835. **Elie de Beaumont.** *Faits pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans.* (*Ann. des Mines,* 3e sér., t. V.)

1837. **Dausse.** *Sur la forme et la constitution de la Chaîne des Rousses en Oisans.* (*Mém. Soc. Géol.,* t. II.)

1839. **Scipion Gras.** *Sur l'âge géologique des couches anthracifères du département de l'Isère.* (*Ann. des Mines,* 3e sér., t. XVI.)

1840. Réunion de la Société géologique à Grenoble. (*Bull.,* 1re sér., t, XI, p. 379.)

1841-49. **Fournet.** *Géologie de la partie des Alpes comprise entre le Valais et l'Oisans.* (*Ann. de la Soc. d'Agr. sc. et Arts de Lyon.*)

1843-44. **Sc. Gras.** *Sur l'origine des spilites du Dauphiné.* (*Bull.,* 2e sér., t. I, p. 134 et t. II, p. 35.)

1844. **Gueymard.** *Statistique minéralogique et géologique de l'Isère* (avec carte).

Id. **Sc. Gras.** *Essai sur la constitution géologique des Alpes centrales de la France et de la Savoie.* (*Bull.,* 2e sér., t. I, p. 690.)

Id. Réunion de la Société géologique à Chambéry. (*Bull.,* 2e sér., t. I, p. 601.)

1846. **Lory.** *Étude sur les terrains secondaires des environs de Grenoble.*

1848. **Sc. Gras.** *Sur les anciens lits de déjections des torrents des Alpes et sur leur liaison avec le phénomène erratique.* (*Ann. des Mines,* 4e sér., t. XIV.)

1848. **Alb. Gras.** *Description des oursins fossiles de l'Isère.* (*Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère,* 1re sér., t. IV.)

1850. **Lory.** *Composition minéralogique et chimique de quelques roches des Alpes.* (*Bull.,* 2e sér., t. VII, p. 540; *Soc. de stat. de l'Isère,* 2e sér., t. I.)

1851. **Lory.** *Terrains crétacés du département de l'Isère.* (*Bull.,* 2e sér., t. IX, p. 51.)

1852. **Alb. Gras.** *Catalogue des fossiles de l'Isère.* (*Bull. Soc. de stat. de l'Isère,* 2e sér., t. II.)

Id. **Lory.** *Coupes géologiques des montagnes de la Chartreuse.* (*Bull.,* 2e sér., t. IX, p. 226.)

Id. **Lory**. *Essai géologique sur le groupe de montagnes de la Grande-Chartreuse.* (*Bull. de la Soc. de stat. de l'Isère*, 2e sér., t. II.)

1854. **Lory**. *Gisements de roches amphiboliques associées à des euphotides et des serpentines dans les environs de Grenoble.* (*Bull. Soc. stat. de l'Isère*, 2e sér., t. II.)

1854. **Rozet**. *Sur les dislocations des terrains supercrétacés des Alpes.* (*Bul. Soc. Géol.*, 2e sér. t. XI, p. 283.)

Id. **Sc. Gras**. *Sur le terrain anthracifère des Alpes de France et de Savoie.* (*Ann. des Mines*, 5e sér., t. V.)

Id. Réunion de la Société géologique à Valence. (*Bull.*, 2e sér., t. XI, p. 714.)

1855. **Rozet**. *Mémoire géologique sur les Alpes françaises.* (*Bull., Soc. Géol.* 2e sér. t. XII, p. 204.)

1857. Dr **Charvet**. *Mémoire sur les grands ossements fossiles du Dauphiné.* (*Bull. Soc. stat. de l'Isère*, 2e sér., t. IV.)

Id. **Lory**. *Esquisse d'une Carte géologique du Dauphiné.* (*Bull.*, 2e sér., t. XV, p. 10.)

1858. **Lory**. *Carte géologique du Dauphiné*, à l'échelle de $\frac{1}{250,000}$.

1859. **Lory**. *Sur la carte géologique du Dauphiné et quelques points de la géologie de cette province.* (*Bull. Soc. Géol.* 2e sér., t. XVI, p. 817.)

1860-64. **Lory**. *Description géologique du Dauphiné.*

1860. **Sc. Gras**. *Sur les oppositions observées dans les Alpes entre l'ordre stratigraphique et les caractères paléontologiques.* (*Ann. des Mines*, 5e sér., t. XVIII.)

Id. **Lory**. *Sur le gisement de la craie blanche dans la vallée d'Entremont (Savoie).* (*Bull.*, 2e sér., t. XVII, p. 796.)

Id. **Lory**. *Considérations sur l'usage des caractères stratigraphiques dans les Alpes.* (*Bull.*, 2e sér., t. XVII, p. 481 et 870.)

Id. **Lory**. *Sur la constitution stratigraphique de la Haute-Maurienne.* (*Bull.*, 2e sér. t. XVIII, p. 34.)

1861. Réunion de la Société géologique à Saint-Jean-de-Maurienne. (*Bull.*, 2e sér., t. XVIII, p. 693.)

1862. **Lory**. *Sur le gisement des gypses de Vizille (Isère).* (*Bull.*, 2e sér., t. XIX, p. 720.)

1863. **Lory**. *Carte géologique et coupes du Briançonnais.* (*Bull.*, 2e sér., t. XX, p. 233).

Id. **Sc. Gras**. *Carte géologique et agronomique de l'Isère* $\frac{1}{250,000}$.

Id. **Lory**. *Sur les dépôts tertiaires et quaternaires du Bas-Dauphiné.* (*Bull.*, 2e sér., t. XX, p. 363.)

Id. **Ebray**. *Sur une des causes de la structure en éventail.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXI, p. 89.)

1865. **Desor**. *Disposition des massifs cristallins dans les Alpes.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXI, p. 354.)

Id. **Ebray**. *Renseignements sur la structure des Alpes Dauphinoises.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXIII, p. 172.)

Id. **Hébert**. *Sur l'âge des couches à* Terebratula diphya. (*Bull.*, 2e série, t. XXIII, p. 283.)

1866. **Lory**. *Notice sur une carte géologique de la Maurienne et de la Tarantaise*, par MM. Lory et l'abbé Vallet. — *Essai sur la structure géologique de la partie des Alpes comprise entre le Mont-Blanc et le Mont-Viso.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXIII, p. 480.)

Id. **Lory**. *Sur le gisement de la* Terebratula diphya *dans les calcaires de la Porte de France.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXIII, p. 516.)

Id. **Hébert**. *Observations sur les calcaires à* Ter. diphya. (*Bull.*, 2e sér., t. XXIII, p. 521.)

1867. **Pictet**. *Nouveaux documents sur les limites des périodes jurassique et crétacée.* (*Arch. Bibl. univ. Genève.*)
Id. **Pictet**. *Sur les Calcaires de la Porte de France.* (*Arch. Bibl. univ. Genève.*)
Id. **Pictet**. *Mélanges paléontologiques : Faune de Berrias ; Étude des fossiles d'Aizy et de la Porte de France.*
Id. **Ebray**. *Sur la continuation de la faille occidentale des Alpes Dauphinoises.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXIV, p. 401.)
Id. **Lory**. *Sur la structure des Alpes occidentales (réponse à M. Ebray).* (*Bull.*, 2e sér., t. XXV, p. 215.)
Id. **Lory**. *Sur les sinuosités des affleurements des failles dans les Alpes.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXV, p. 235.)
Id. **Favre**. *Géologie des environs du Mont-Blanc.*
1869. **Ebray**. *Assimilation de la protogine des Alpes au porphyre granitoïde du Beaujolais.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXVI, p. 927.)
Id. **Lory, Pillet** et **Vallet**. *Carte géologique du département de la Savoie.*
1871. **Lory**. *Age des Calcaires de l'Échaillon.* (*Bull.*, 2e sér., t. XXIX, p. 80.)
1873. **Lory**. *Sur la stratigraphie des Alpes Graies et Cottiennes.* (*Bull.*, 3e sér., t. I, p. 266.)
1874. **Ebray**. *Raccordement du calcaire Kimméridgien de Cirin avec ceux de Chambéry.* (*Bull.*, 3e sér., t. II, p. 259.)
Id. **Huguenin**. *Sur la zone à* Ammonites tenuilobatus *de Crussol.* (*Bull.*, 3e sér., t. II, p. 347 et 519.)
1875. Réunion de la Société géologique à Genève et à Chamonix. (*Bull.* 3e sér., t. III, p. 649.)
Id. **Pillet** *et* **de Fromentel**. *Description géologique et paléontologique de la colline de Lemenc, sur Chambéry.*
1876. **Dumortier** et **Fontannes**. *Description des Ammonites des carrières de Crussol (Zone à* Ammonites tenuilobatus).
1874-78. **Lory**. *Essai sur l'orographie des Alpes occidentales, dans ses rapports avec la structure géologique de ces montagnes.* (*Ann. du Club Alpin français,* 1874 et 1878.)
1875-80. **Fontannes**. *Études sur la période tertiaire dans le bassin du Rhône.*
1878. **Lory**. *Profils géologiques de divers massifs des Alpes centrales.* (*Bull.*, 3e sér., t. VI, p. 547.)
1879. **Falsan** et **Chantre**. *Monographie des anciens glaciers et du terrain erratique du bassin du Rhône,* 2 vol. in-8° et cartes.
Id. **Fontannes**. *Description des Ammonites des calcaires du château de Crussol.*
1880. **Lory**. *Sur le terrain crétacé supérieur de l'Isère.* (*Bull.*, 3e sér., t. IX, p. 58.)

Première Séance du 4 *Septembre* 1881.

PRÉSIDENCE DE M. GOSSELET, *puis de* M. LORY.

Les membres de la Société se réunissent, à midi et demi, dans l'amphithéâtre de la Faculté des Sciences de Grenoble.

M. **Gosselet**, l'un des vice-présidents, représentant le bureau annuel de la Société, déclare ouverte la session extraordinaire et prononce l'allocution suivante :

« Messieurs,

» Les raisons qui déterminent, chaque année, le lieu de la réunion » extraordinaire de la Société géologique de France sont multiples. » Souvent notre but est d'examiner en commun quelque difficulté » de la science. C'est ainsi que la réunion qui eut lieu, il y a vingt » ans, dans les Alpes de la Maurienne, produisit des résultats très » utiles pour résoudre les difficultés qui paraissaient mettre en op- » position les lois de la stratigraphie avec celles de la paléontologie. » Notre but, aujourd'hui est moins ambitieux. La géologie des Alpes » dauphinoises est bien connue, grâce aux travaux de M. Lory. » Nous sommes venus nous mettre sous sa direction et nous lui de- » mandons de nous exposer, sur le terrain, la structure géologique » de la région. Nous lui demanderons surtout de nous montrer les » difficultés qu'il a rencontrées et qu'il a si savamment résolues.

» Je ne voudrais pas sortir du cadre ordinaire de ces allocutions » en rappelant tous les progrès que la géologie alpine doit à M. Lory. » Il vous suffira, pour en avoir une idée, de jeter les yeux sur la » carte géologique qu'il a exposée dans cette salle et de la comparer » à la carte de Dufrénoy et Elie de Beaumont, où les couches houil- » lères des Alpes avaient été placées dans le terrrain jurassique, et » les grès nummulitiques tertiaires, réunis en partie aux grès houil- » lers, ou classés dans le terrain crétacé.

» M. Lory ne s'est pas borné à délimiter les différents étages géo- » logiques ; il a cherché à expliquer les relations dans lesquelles ils » se trouvent aujourd'hui et les dislocations du sol qui ont produit » les immenses montagnes qui se dressent devant nous. Les théories » stratigraphiques qu'il a proposées, diffèrent, sur plusieurs points, » de celles qui sont adoptées par d'autres géologues alpins. Nous » allons pouvoir les apprécier en présence des faits eux-mêmes. Mais,

» en ce qui me concerne, je puis dès maintenant déclarer que l'ex-
» ploration de l'Ardenne m'a conduit à adopter, pour les dislocations
» de ce pays, les idées théoriques que M. Lory avait déduites de
» l'étude des Alpes. Eu égard à la différence de structure physique
» et d'âge géologique des deux régions, il y a là, assurément, une
» coïncidence remarquable et une forte présomption pour admettre
» que notre collègue a reconnu les véritables lois qui président à la
» formation des montagnes. »

Le Président termine cette allocution en invitant la Société à procéder à la constitution de son bureau pour la durée de la session.

M. Lory est nommé président à l'unanimité.

MM. Renevier, Jaubert, Pillet sont nommés vice-présidents.

Sur la proposition du Président, l'assemblée nomme secrétaires MM. L. Carez et de Lamothe.

Le bureau étant constitué, M. **Lory** prend place au fauteuil et prononce l'allocution suivante :

« Messieurs,

» Suivant un précédent qui a été appliqué dans plusieurs de vos
» réunions extraordinaires, vous avez cru devoir appeler à la prési-
» dence de la session, le plus ancien pionnier de la géologie locale.
» A ce titre, je ne peux me dérober à l'insigne honneur que vous
» voulez bien me faire, mais je ne puis m'empêcher de manifester
» mes appréhensions et le sentiment de mon insuffisance, en pré-
» sence de cette double tâche d'avoir à présider vos séances et à vous
» servir de guide dans les excursions. J'espère du moins que plu-
» sieurs de nos éminents confrères, que leur haute autorité scienti-
» fique désignait à vos suffrages pour occuper ce fauteuil, se trouve-
» ront ainsi d'autant plus à même de prendre la parole et d'accroître
» l'importance de nos discussions.

» C'est pour la deuxième fois que la ville de Grenoble est choisie
» pour siège d'une réunion extraordinaire de la Société géologique
» de France. Le premier exemple d'un pareil honneur a eu lieu seu-
» lement l'an dernier, pour la ville de Boulogne, 41 ans après la
» réunion qui s'y était tenue en 1839. Mais Grenoble pouvait depuis
» longtemps compter que cette faveur lui était réservée, car, en
» 1840, la Société avait terminé sa session, dans ce centre si intéres-
» de nos Alpes françaises, en exprimant formellement le vœu d'y
» tenir une nouvelle réunion.

» Dans cet intervalle de 41 ans, la géologie a fait de grands

» progrès, et bien des questions ont été éclaircies; d'autres aussi » ont surgi et appellent des études nouvelles.

» La réunion à Grenoble, en 1840, fut présidée par mon éminent et » vénéré prédécesseur M. Gueymard, et les comptes rendus de cette » session, témoignent de la sagacité et de la sûreté d'observation avec » laquelle il sut éclairer l'opinion de la Société, dans une des ques- » tions brûlantes de cette époque, celle de l'âge des grès à anthra- » cite des Alpes. En se tenant dans une réserve complète à l'égard des » grès à anthracite de la Savoie et des Hautes-Alpes, rapportés par » M. Elie de Beaumont au terrain jurassique, M. Gueymard en sépa- » rait nettement la cause de ceux de l'Isère et montrait ceux-ci à » nos confrères, dans les environs de la Mure, présentant toutes les » allures du vrai terrain *houiller* et parfaitement séparés du *Lias*, qui » les recouvre en stratification nettement discordante. Ce n'est que » vingt-un ans plus tard, après une moisson de documents nou- » veaux recueillis dans les localités critiques de la Savoie et du » Briançonnais, que cette question des grès à anthracite, si long- » temps débattue, pût être tranchée définitivement dans la réunion » de la Société géologique à Saint-Jean de Maurienne.

» Aujourd'hui, nous n'aurons plus à nous occuper de cette que- » relle, qui tient une si grande place dans l'histoire de la géologie » alpine; mais d'autres études nous ramèneront nécessairement sur » les traces de nos devanciers. En 1840, la série des assises jurassi- » ques et crétacées de nos chaînes subalpines était encore, on peut » le dire, à peu près inconnue, et elle donne lieu aujourd'hui aux » questions les plus attrayantes. Les gypses de Vizille, considérés à » cette époque, comme provenant d'une altération locale des cal- » caires du *Lias*, rentrent aujourd'hui régulièrement dans le terrain » du *Trias*. Les schistes cristallins de nos chaînes alpines, les » roches granitoïdes et diverses roches éruptives de la même région, » appellent des études pétrographiques précises et aussi des observa- » tions sur place, pour fixer leurs âges relatifs. Enfin les rapports » stratigraphiques des terrains secondaires et tertiaires entre eux et » avec les terrains anciens des chaînes centrales, donnent lieu à des » sujets d'observation du plus haut intérêt pour déterminer le mode » et les diverses époques des dislocations qu'ils ont éprouvées et » desquelles résultent les merveilleux accidents de l'orographie » alpine.

» Tels sont, messieurs et chers confrères, quelques-uns des objets » sur lesquels se porteront nécessairement nos recherches, dans des » limites qui seront malheureusement restreintes par le temps trop » court dont vous pouvez disposer et par les difficultés de parcours

» que les grandes montagnes présentent toujours pour des réunions
» un peu nombreuses. Voué depuis trente-deux ans à l'étude de ce
» pays, je serai heureux de vous en faciliter l'exploration et d'appe-
» ler sur mes travaux le contrôle qui résultera naturellement de vos
» observations. »

Le Président communique ensuite à la Société des lettres de MM. Jacquot, Delaire, de Lapparent, Fischer, Michel-Lévy et Capellini, qui expriment le regret de ne pouvoir assister à la réunion.

Il annonce ensuite cinq présentations.

Il soumet à la réunion le programme des excursions précédemment présenté au conseil de la Société, à Paris. Ce programme est adopté dans les termes suivants, y compris l'excursion d'Allevard, qui est fixée au lundi 12 :

Dimanche 4 septembre. Après la séance d'ouverture et la constitution du bureau, excursion aux carrières de la *Porte de France*, aux exploitations de *ciment*, et au plateau de la Bastille.

Le soir, à 8 heures, deuxième séance.

Lundi 5. Départ, en voiture, pour la Grande-Chartreuse, avec arrêts pour explorations au Fontanil, au Chevallon, à Voreppe et sur le trajet de Saint-Laurent du Pont à la Grande-Chartreuse. — Coucher à la Grande-Chartreuse.

Mardi 6. Dans la matinée, excursions simultanées, l'une sur la route forestière de Chartreusette, l'autre au sommet du Grand-Som; (série *crétacée*, *sénonien* fossilifère, etc.) — Dans l'après-midi, retour à Grenoble.

Mercredi 7. De Grenoble à Sassenage et à l'Échaillon (*sénonien* alpin; série *néocomienne; corallien* de l'Échaillon). — Retour à Grenoble; séance.

Jeudi 8. Départ de Grenoble (en chemin de fer), pour Vizille. Excursion aux carrières de *gypse* de Champs et de Vizille : *Lias*, *Infrà-lias*, gypse et anhydrite *triasiques*, *spilites*, etc. — Trajet (en voiture) de Vizille au Bourg-d'Oisans; étude des schistes cristallins (schistes *chloriteux*, schistes *amphiboliques*, *micaschistes*); ardoises du *lias*. — Séance et coucher au Bourg-d'Oisans.

Vendredi 9. Du Bourg-d'Oisans à la Grave (en voiture); schistes cristallins; *protogine; grès houiller* serré, en concordance, dans les replis des schistes cristallins; *Lias* et *Trias* sur les tranches de ces terrains anciens; filons de *galène* du Grand-Clos, etc... — Coucher à la Grave.

Samedi 10. Excursion au glacier de la Grave : superposition (par

faille oblique) de la *protogine* sur le *Lias*. Retour au Bourg-d'Oisans (en voiture).

DIMANCHE 11. A midi, séance de clôture de la réunion à Grenoble.

LUNDI 12. Départ, en chemin de fer, pour le Cheylas; trajet du Cheylas à Allevard, par les mines de *fer spathique* de la Tailla, exploitées par la compagnie du Creuzot; *schistes cristallins; grès bigarré*, *dolomies* et *gypses* du *Trias* et calcaires du *Lias*, en discordance avec les schistes cristallins. *Eaux sulfureuses d'Allevard*. — Coucher à Allevard.

MARDI 13. — Retour à Grenoble, et clôture des excursions.

M. **Hébert**, au nom de M. **Capellini**, invite les membres de l'ancien conseil du Congrès géologique de Paris à se trouver à Bologne le 24, pour prendre part, le 25, aux séances préparatoires du Congrès géologique international de cette année.

Des programmes relatifs à la réunion de ce Congrès sont adressés par M. Capellini à la Société géologique et mis à la disposition des membres de la réunion.

La séance est levée à 1 heure et demie et la Société se dirige vers les carrières de la Porte de France.

Deuxième Séance du 4 Septembre 1881.

PRÉSIDENCE DE M. LORY.

La séance est ouverte à 8 heures et demie dans l'amphithéâtre de la Faculté des Sciences de Grenoble.

M. de Lamothe, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance précédente, qui est adopté.

M. de Rouville offre à la Société, de la part de M. **Roche**, membre correspondant de l'Institut, un exemplaire d'un *Mémoire sur la constitution intérieure du globe terrestre*.

M. **de Rouville** appelle l'attention de la réunion sur les travaux de M. Roche, qui ont pour objet l'étude de la structure interne du globe. Ce savant mathématicien, en s'appuyant sur la valeur de l'aplatissement polaire, et sur celle de la précession des équinoxes, arrive à cette conclusion, que la terre doit être en majeure partie solide à l'intérieur. Elle serait formée d'un noyau sensiblement homogène, avec une légère condensation vers le centre; la densité de ce noyau serait voisine de 7. Cette masse solide serait enveloppée

par une couche assez mince et bien plus légère, qui est, peut-être, encore liquide ou du moins pâteuse à une certaine profondeur; la densité de cette enveloppe peut être estimée à 3; son épaisseur n'atteindrait pas 1/6 du rayon de la terre.

Le Président prie M. de Rouville de transmettre à M. Roche les remerciements de la Société pour cette importante communication.

Il rend compte ensuite de l'excursion faite dans l'après-midi par la Société.

Compte rendu de la course du 4 septembre, **aux carrières de la Porte de France, aux exploitations de ciment et au plateau de la Bastille,**

par M. **Lory**.

Les calcaires de la Porte de France sont depuis longtemps célèbres en géologie : ils étaient, au commencement de ce siècle, un des types du *calcaire alpin ;* plus tard, Haussmann les considérait comme correspondant au Muschelkalk: puis, lorsque furent établis les grands principes de la paléontologie stratigraphique, ils furent rapportés, par Brongniart et par de Buch, à cette partie des terrains secondaires qui reçut le nom de *terrain jurassique*. En 1829, Élie de Beaumont les regardait comme les équivalents des grandes assises calcaires qui forment les sommets les plus élevés du Jura méridional, tels que la Dôle ou le Reculet : l'éminent stratigraphe établissait évidemment ce rapprochement d'après la superposition des uns comme des autres sur l'ensemble de calcaires argileux et de marnes qui représentent, dans les Alpes, comme dans le sud du Jura, la continuation amplifiée des marnes *oxfordiennes*.

Depuis trente et quelques années, les fossiles recueillis dans plusieurs couches de ces calcaires et dans d'autres stations analogues, ont donné lieu à des déterminations et à des appréciations diverses, et la Porte de France a été l'un des points de départ d'une des discussions qui ont le plus vivement préoccupé les paléontologistes et les stratigraphes.

La Société devait donner à ces calcaires, une attention toute spéciale, et elle les a étudiés d'abord dans l'ancienne carrière du quai de France ou *intrà-muros*, puis dans les carrières actuelles, en dehors de la Porte de France.

La coupe ci-contre représente, avec leur inclinaison réelle et à l'échelle de $\frac{1}{2,000}$ la succession des couches que l'on observe depuis le Pont de Pierre jusqu'à la Porte de France, et ensuite jusqu'aux couches à ciment et à chaux hydraulique de la carrière *extrà muros*.

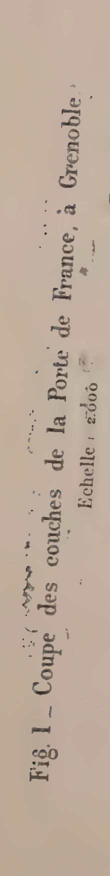
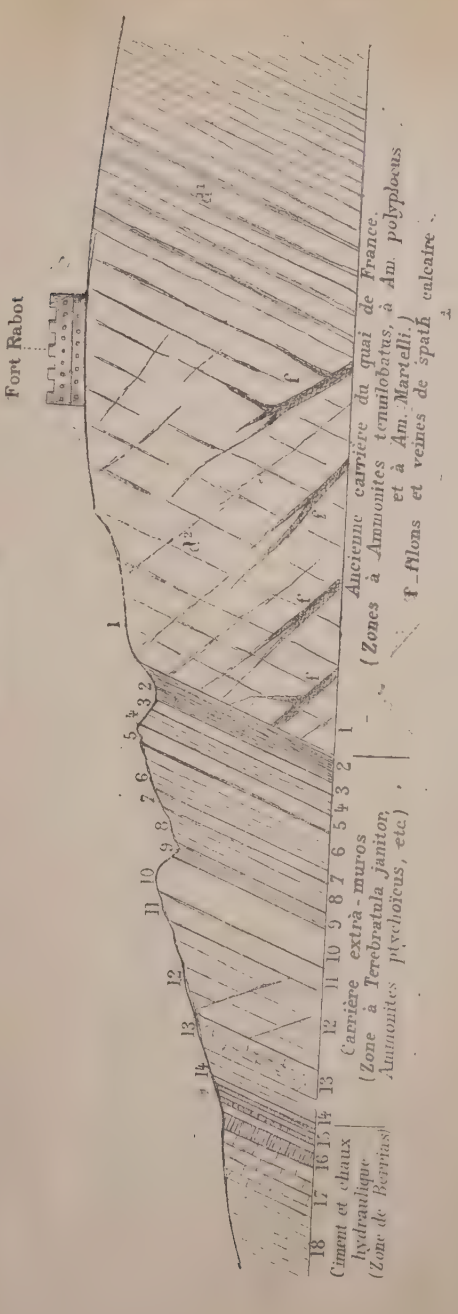


Fig. 1 _ Coupe des couches de la Porte de France, à Grenoble.

Echelle : $\frac{1}{2000}$



L'assise la plus inférieure se compose de calcaires argileux noirs, en bancs minces, séparés par des feuillets marneux; leur tranche est visible, sur plus de cinquante mètres d'épaisseur, directement en face du pont ; mais elle est en partie masquée par les maisons du quai qui lui sont immédiatement adossées. Les dernières couches de cette assise peuvent être commodément examinées dans l'ancienne carrière, à l'extrémité la plus voisine du pont. On y aperçoit des empreintes d'ammonites, dont quelques-unes, d'assez grande taille, appartiennent à l'*Amm. Martelli*, Opp., et d'autres aux *Amm. tortisulcatus*, d'Orb. et *canaliculatus*, de Buch (?).

Par ces fossiles, aussi bien que par leur aspect caractéristique, ces couches représentent les couches d'Effingen du Jura argovien, les calcaires argileux exploités pour chaux hydrauliques et ciments dans le Jura suisse et dans le département de l'Ain; et c'est également à cette assise, mais à un niveau un peu inférieur, que se rapportent, dans l'arrondissement de Grenoble, les exploitations analogues des environs de Vif, de Saint-Ismier, de Crolles, etc. Quant au ciment de la Porte de France, nous allons reconnaître bientôt que sa situation géologique est toute différente.

Au-dessus de cette assise *c*, dont nous aurons l'occasion de constater, au retour, la puissance considérable, l'ancienne carrière du quai de France montre, sur 50 mètres d'épaisseur, des calcaires en bancs généralement minces, entremêlés de quelques petits lits de marnes. Parmi les bancs les plus inférieurs se trouvent encore des calcaires assez argileux pour donner des chaux hydrauliques : ils ont été exploités à cet effet, lors des travaux des fortifications de Grenoble, il y a environ cinquante ans. Cet ensemble de couches d^1, est pauvre en fossiles; sa coupe abrupte, masquée, dans le bas, par un talus de débris, se prête difficilement à des recherches, en ce point; nous le retrouverons dans des conditions un peu plus favorables, sur le plateau de la Bastille. Il se lie, d'ailleurs étroitement avec la grande assise suivante des calcaires compacts dont il forme la base. On peut vraisemblablement assimiler cette partie de notre coupe aux bancs minces de la partie moyenne de la montagne de Crussol, désignés par M. Huguenin sous le nom de *zone* à *Ammonites platynotus* (1).

Vient ensuite la grande masse des calcaires compacts, en gros bancs, d^2, qui ont fourni autrefois, et même encore il y a moins de cinquante ans, la plus grande partie des pierres de taille pour les constructions de Grenoble et de ses remparts. C'est à ces calcaires, dont l'épaisseur, mesurée dans la carrière même, est de 120 mètres,

(1) *Bull.*. 3e série, t. II, p. 519.

qu'a été appliquée particulièrement, dans le principe, la dénomination de *calcaires de la Porte de France*, sous laquelle ils étaient cités comme un des types du *calcaire alpin*.

Ces calcaires compacts sont d'un brun foncé, dû entièrement à des matières charbonneuses et bitumineuses; par l'exposition à l'air, ils deviennent, à la surface, d'un gris cendré, et ils donnent, par la cuisson, des chaux grasses très blanches. La matière charbonneuse se concentre et se montre avec une teinte plus noire dans tous les joints et toutes les fissures intérieures. Un autre caractère de ces calcaires, signalé aussi depuis longtemps, consiste dans les veines de calcaire spathique, d'un blanc laiteux, dont ils sont traversés, et qui prennent quelquefois l'importance et la régularité de véritables filons. Nous en avons observé plusieurs, près de la rampe d'accès des fours à chaux de MM. Dumolard. Sur certains points, ces filons sont renflés jusqu'à une épaisseur de 1^m à 1^m 50, et ont empâté de nombreux fragments anguleux de la roche encaissante; il en résulte des *brèches* noires et blanches, qui ont été exploitées comme marbres d'un assez bel effet. Les plus importants de ces filons spathiques se montrent ici comme à peu près perpendiculaires à la stratification (1); mais ils se ramifient en veines diversement inclinées. D'autres veines spathiques, d'une structure souvent fibreuse, suivent les joints des couches, et présentent des *miroirs*, des stries, qui témoignent du glissement des bancs les uns sur les autres, pendant et après la formation des veines.

Les calcaires compacts $'d^2$, dont les bancs ont des épaisseurs très diverses, de 1 à 10 mètres et même plus, et ne sont que rarement séparés par quelques feuillets marneux très minces, présentent une stratification de plus en plus massive, à mesure qu'on avance vers l'extrémité nord-ouest de la carrière. Ils ont toujours été très pauvres en fossiles, et leur exploitation ayant été arrêtée depuis plus de 35 ans, à l'aplomb des murs du fort Rabot, il n'est plus possible d'y apercevoir que quelques fragments insignifiants de bélemnites, d'ammonites et d'*Aptychus*. Le seul fossile mentionné par Albin Gras (*Catal. des foss. de l'Isère*, 1852) comme provenant de la carrière *intrà-muros* est un mauvais exemplaire d'ammonite, très déformé, qu'il rapportait, avec doute, à l'*Amm. babeanus*, d'Orb., et qui me paraît être *Amm. iphicerus*, Opp. Malgré cette rareté des fossiles, il ne saurait être douteux que nos calcaires de la Porte de France *intrà-muros* cor-

(1) M. Ebray a insisté sur cette disposition (*Bull.*, 2e série, t. XXVI, p. 395); mais il est à remarquer que la figure qu'il en a tracée, sans doute de souvenir, et non sur place, indique des inclinaisons de sens inverses à la réalité.

respondent aux calcaires des carrières de Crussol, des carrières de Lémenc, etc., et représentent, comme eux, la *zone à Ammonites tenuilobatus*.

La limite supérieure de cette assise est indiquée, à l'extrémité nord-ouest de la carrière du quai de France, par un petit paquet de couches minces, grumeleuses, tranchant brusquement avec le dernier gros banc massif sur lequel elles s'appuient. Au-dessus, on aperçoit encore d'autres calcaires compacts, en lits d'épaisseurs diverses, couronnés par une corniche surplombante de gros bancs massifs : ces derniers, non entamés dans la carrière, vont former, un peu plus au midi, le massif rocheux auquel est appliquée l'ancienne Porte de France. Pour les étudier en détail, il suffit de se transporter dans la carrière dite *extrà-muros* de MM. Carrière frères et C[ie].

La base des bancs exploités dans celle-ci, est formée, à son rebord sud-est, par les derniers bancs d^2, sur lequels on voit s'appuyer, comme dans l'ancienne carrière du quai de France, le paquet de lits minces, grumeleux, commencement de l'assise supérieure. Dans ces derniers bancs, d^2, on reconnaît encore le type décrit ci-dessus, les veines de calcaire spathique, qui y sont encore très abondantes et largement cristallines : on y a trouvé quelques très mauvais exemplaires d'ammonites (*Ammonites Lothari*, Opp. ?, *Amm. compsus*, id. ?) et des *Aptychus* imbriqués.

Tout le massif en dessus, entamé par la carrière de pierre de taille *extrà-muros*, appartient à une autre série de couches; malgré l'analogie d'aspect pétrographique, il contient une faune très différente, la faune dite *tithonique*. On peut ajouter, comme caractère empirique qui n'est pas sans valeur dans ce pays, que les filons spathiques, si abondamment développés dans les calcaires inférieurs ne se continuent pas dans ceux-ci, où l'on ne trouve plus que des veinules bien moindres et sans continuité, remplies d'un spath moins laiteux ou même presque limpide. La coupe de la carrière donne la succession suivante :

1. Paroi orientale, formée par les gros bancs à veines spathiques que nous venons d'indiquer (derniers bancs de l'assise d^2).

2. Paquets de nombreux lits minces, grumeleux, à surface ondulée et rugueuse, séparés par de petits feuillets marneux, laminés et luisants; quelques *Aptychus*; ensemble, 7 mètres.

3. Petits bancs calcaires séparés par de très minces filets argileux : 3m 20.

4. Trois bancs compacts, puis deux plus minces, les derniers alternant avec des lits marneux : 4m 80. — C'est surtout dans ces bancs et ces feuillets marneux que se trouvent les *Aptychus*, lisses ou imbriqués, avec quelques ammonites (*Ammonites silesiacus*, Opp., *A. Staszycii*, Zeusch., *A. Loryi*, Héb. et l'exemplaire figuré par Pictet (*Mél. paléont.* pl. 36) sous le nom d'*Amm. tenuilobatus*, Opp. Dans un

des feuillets marneux, j'ai recueilli un grand *Aptychus* lisse, de 0m 10 sur 0m 08.

5. Gros banc unique, noir, de structure grumeleuse et un peu grossière, 3m70.

6. Groupe de bancs de calcaires compacts, d'épaisseurs variables, exploités comme pierre de taille : 10 mètres.

7. Banc dit de trois mètres, très régulier : 3 mètres.

8. Groupe de bancs calcaires minces, entremêlés de lits irréguliers, dont un à surface contournée, dit *banc tordu* et un autre marneux, se délitant en menus fragments ; total : 7m 50.

9. Ensemble de lits peu distincts, enlevés par l'exploitation pour mettre en surplomb la grosse masse suivante et en faciliter l'abattage : 4m30. — C'est dans la série de ces cinq derniers numéros, surtout dans le n° 6, qu'ont été trouvés, en exemplaires peu nombreux, la plupart des espèces décrites par Pictet et particulièrement les ammonites dont les déterminations diverses ont joué le principal rôle dans les discussions relatives à l'âge de ces calcaires. Nous reviendrons tout à l'heure sur ces fossiles. Les térébratules trouées (*Terebratula janitor*, Pict.) commencent à se montrer dans ces bancs, mais encore peu abondantes.

10. Grande masse formant un banc unique, divisé irrégulièrement par des fissures, 13m 60 ; gisement principal de la *Terebratula janitor*, qui s'y trouve à peu près seule.

11. Gros banc de calcaire noir de 6m 80 ; la même térébratule y est encore assez commune.

12. Massif peu distinctement stratifié, découpé par des failles à surfaces de glissement polies et striées ; 21 mètres ; il est formé de calcaires très compacts à pâte très fine, moins foncés que les précédents.

13. Onze bancs d'un grain de plus en plus fin ; total : 10 mètres.

14. Deux bancs à pâte très fine, lithographique, 0m 30 et 0m 85.

La *Terebratula janitor* se trouve encore dans ces couches les plus élevées, moins commune, mais d'une plus belle conservation que dans les précédentes. On y a aussi recueilli le *Metaphorhinus transversus*, et on y aperçoit des sections d'*Aptychus*, d'ammonites et de bélemnites ; nous y avons vu aussi quelques traces de polypiers et des radioles d'oursins. Nous retrouvons plus loin les mêmes fossiles dans la continuation de ces couches sur le flanc du mont Rachais.

Après ces derniers bancs de calcaires compacts, d'un grain plus fin et d'une teinte plus claire que les gros bancs inférieurs, on voit un changement brusque dans l'aspect et la nature des roches : on passe à une assise de calcaires argileux tendres, d'un noir bleuâtre, bitumineux, parmi lesquels se rencontrent les couches exploitées pour la fabrication du *ciment de la Porte de France*, caractérisées par une teneur moyenne en argile d'environ 24 0/0.

Le détail des bancs de cette carrière, qui a été le point de départ de l'industrie florissante des ciments de Grenoble, se présente ainsi qu'il suit :

1° Quatre bancs tenant environ 18 0/0 d'argile, ensemble. . . . . . . 1m 40.

2° Première petite couche à *ciment*. . . . . 1m 20.

3° Calcaire à chaux limite (21 0/0 d'argile).	0m80.
4° Deuxième petite couche à ciment.	1m25.
5° Calcaire à 21 0/0 d'argile environ.	1m60.
6° Grande couche à ciment (24 0/0 d'argile, en moyenne).	4m00.
7° Couches à chaux hydraulique (12 à 14 0/0 argile).	2m60.
8° Calcaires tenant 10 à 12 0/0 d'argile, massif confus	10m00.

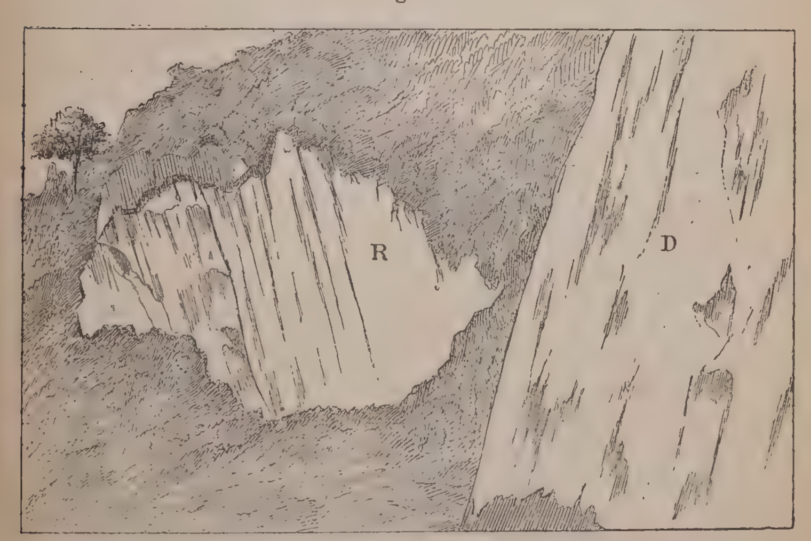
Les premiers sont remplis d'empreintes d'ammonites, écrasées et difficiles à dégager, à cause de la fragilité de la roche : ce sont les ammonites caractéristiques de la *faune de Berrias*, et particulièrement les plus abondantes sont *Ammonites privasensis*, Pict., *A. occitanicus*, Pict., *A. Malbosi*, Pict. La Société en a vu, en place, un grand nombre, entre autres, une très belle, de grande taille, que MM. Carrière frères se sont gracieusement offert à essayer de dégager, avec toutes les précautions convenables. Dans les couches à ciment, les fossiles sont plus rares, mais on y trouve encore les mêmes ammonites, et aussi, quelquefois, des exemplaires déformés, mais très reconnaissables, de *Terebratula janitor;* il est même à noter que, jusqu'ici, la *T. diphyoïdes* n'y a pas été rencontrée.

Le caractère *bitumineux*, très prononcé dans toute cette assise, se manifeste non seulement par l'odeur, mais encore par des suintements de bitume liquide ou semi-liquide, dans les fissures des roches. Une autre particularité assez fréquente est la présence du *sulfate de strontiane*, que l'on trouve cristallisé, avec une structure généralement fibreuse, dans les fissures de ces calcaires bitumineux.

En sortant de cette ancienne carrière par le petit tunnel qui débouche sur le nouveau chemin de Quaix, nous avons vu la même assise s'accroître d'une grande épaisseur d'autres couches analogues, inclinées, comme tout l'ensemble précédent, d'environ 65° et plongeant à l'O.-N.-O. Mais près des fours à ciment de MM. Dumolard, nous avons observé une inclinaison de sens inverse; et en montant des fours à la carrière située en dessus, nous avons vu, dans celle-ci, un reste de l'affleurement des couches à ciment, qu'on y a exploitées, qui semblent enfoncer sous un grand massif de calcaires compacts semblables à ceux de la carrière de la Porte de France; les gros bancs de ce massif ont aussi fourni quelques exemplaires de *Terebratula janitor*. La superposition de ces calcaires aux couches à ciment résulte d'un renversement local, que l'on peut constater de la manière la plus nette, en sortant de cette carrière, sur l'ancien chemin qui descendait vers celle de la Porte de France. On voit, au bord de ce chemin, la surface complètement dégagée, d'un des gros bancs calcaires les plus rapprochés des couches à ciment, inclinée encore, comme en bas, de 65° vers l'ouest, se gauchir et se tordre subitement

et prendre ainsi, à quelques mètres de distance, une inclinaison en surplomb, à peu près de même valeur, mais de sens inverse. Les autres bancs de calcaires et ceux de l'assise à ciment se contournent de même, et se montrent ainsi en superposition renversée; mais déjà, à la limite supérieure de cette carrière, on les voit s'infléchir à nouveau pour repasser par la position verticale, et en dessus, un peu plus loin, reprendre leur sens d'inclinaison normal, plongeant régulièrement vers l'O.-N-.O. Le renversement, pour les couches en question, n'existe donc que sur une hauteur d'une quinzaine de mètres environ : mais c'est un des exemples les plus nets de ce genre d'accidents stratigraphiques que l'on puisse, en quelque sorte, saisir sur le fait et suivre dans tous ses détails.

Fig. 2.



Renversement local de la stratification, entre la carrière de la Porte de France (extrà-muros) et la carrière Dumolard (calque d'une photographie). — D. surface supérieure d'un des bancs à *Terebratula janitor*, les plus rapprochés des couches à ciment. — R. même surface, en situation renversée.

Un contournement aussi brusque n'a pu avoir lieu sans des déchirements et des glissements locaux des couches les unes sur les autres : aussi, dans la carrière Dumolard, on remarque que l'intervalle entre la grande couche de ciment et les gros bancs de calcaire compact à *Terebratula janitor*, en superposition renversée, est bien moindre que dans la carrière de la Porte de France. Les couches

intermédiaires ont été rompues et ont disparu, en grande partie, dans le glissement. Un autre déchirement s'est produit, entre cette partie renversée et la continuation des mêmes couches reprenant leur sens normal d'inclinaison, dans le haut de la montagne : il en est résulté une grande cassure béante, une interruption locale, à laquelle est venue se terminer l'exploitation et qui, depuis quelques années, a forcé les exploitants d'aller rechercher les couches à ciment beaucoup plus loin et plus haut, sur le versant occidental du mont Rachais (Pl. XVI, fig. 2.).

La Société a pu suivre les détails de ces faits intéressants, en continuant à monter par la route de Quaix, où elle a observé une grande épaisseur (plus de 100 mètres) de calcaires argileux en bancs minces, superposés aux couches à ciment, et plongeant, à l'ouest, sous les marnes bleuâtres, très tendres, du vallon de Saint-Martin-le-Vinoux. Dans ces marnes, on trouve le *Belemnites latus* et quelques ammonites de la faune néocomienne inférieure (*Amm. semisulcatus*, *A. neocomiensis*, *A. Tethys*), assez rares et en très mauvais état de conservation. Ce n'est qu'à quelques lieues au sud de Grenoble, dans le vallon de Gresse, et au pied du Mont-Aiguille, que ces ammonites deviennent abondantes, à l'état de moules pyriteux, comme à Saint-Julien-en-Beauchêne et autres localités bien connues du sud du Dauphiné et des Basses-Alpes.

D'autres observations intéressantes ont été faites, dans ce trajet, au sujet des *blocs erratiques* et des *boues glaciaires à cailloux striés*; la Société a pu constater qu'il y a eu, sur ce point, réunion et mélange des matériaux glaciaires venant du bassin du Drac et des massifs de l'Oisans, caractérisés par des variétés spéciales de *protogine*, par des *spilites*, etc., avec d'autres matériaux qui ne peuvent provenir que des hautes vallées savoisiennes (*quartzites* triasiques, *grès anthracifères* schisteux de la Haute-Maurienne, etc.). Le promontoire rocheux qui domine Grenoble, devait être, en effet à l'époque glaciaire, au confluent du grand glacier dauphinois, remplissant les bassins du Drac et de la Romanche, et d'une branche importante du grand glacier savoisien, arrivant par la large vallée de l'Isère. Ces deux glaciers réunis devaient sortir par la coupure, bien plus étroite, en aval de Grenoble; et, à partir de ce point, les blocs de la Maurienne sont mêlés avec ceux des Alpes dauphinoises sur les pentes des montagnes de la rive droite, à Grenoble, Saint-Égrève, Voreppe, etc., tandis que ces derniers sont seuls sur les pentes de la rive gauche, au-dessus de Sassenage, Noyarey et Veurey.

Des deux côtés, on les trouve, sur ces pentes, jusqu'à environ 1200 mètres d'altitude.

Quittant la route pour remonter, à droite, par le chemin de Mont-Jala, la Société a traversé, de nouveau, toute l'épaisseur des calcaires argilo-bitumineux (assise de Berrias). Elle a trouvé, dans les couches supérieures de cette assise, *Metaporhinus transversus*, *Belemnites latus*, *Ammonites astierianus* (?).

Les couches sont inclinées dans le même sens, mais un peu moins fortement que dans l'ancienne carrière à ciment de la Porte de France, et l'on voit reparaître de même, à la base de cette assise, la grosse couche à ciment et les deux petits bancs annexes ; par le chemin que nous avons suivi, nous les avons atteints à l'endroit où est ouverte maintenant la carrière de MM. Dumolard; en abordant le flanc de la montagne par un sentier situé plus bas, nous serions arrivés d'abord à celle de MM. Carrière.

Les pierres à ciment provenant des galeries de ces exploitations sont descendues aux fours à l'aide de câbles inclinés : ceux de MM. Dumolard, partant du plateau de Mont-Jala, ont une longueur de 540 mètres, pour 300 de hauteur verticale. La Société ne saurait oublier d'exprimer sa gratitude pour la complaisance avec laquelle MM. Dumolard lui ont fait visiter les détails de cette remarquable exploitation, et aussi pour la gracieuse surprise qu'ils lui avaient préparée à la cantine de la carrière de Mont-Jala.

En quittant les couches à ciment, nous avons retrouvé, d'abord, des bancs à pâte fine, lithographique, dans lesquels j'ai recueilli autrefois les *Ammonites berriasensis* et *A. astierianus* figurés par Pictet dans les *Mélanges paléontologiques* (Pl. XXXVII *bis* et XXXVIII); puis des calcaires compacts, en gros bancs, où nous avons vu un exemplaire de *Terebratula janitor*, et d'autres contenant *Ammonites Staszyci*, *A. silesiacus*, Opp., *A. Loryi*, Héb., etc., et enfin une grande épaisseur de calcaires à veines spathiques, correspondant à ceux de la carrière de Grenoble *intrà-muros*, à travers lesquels nous sommes descendus jusqu'au plateau de la Bastille.

On voit à découvert, sur ce plateau, les tranches de quelques couches grumeleuses, entremêlées de feuillets marneux, qui ne sont pas observables dans la carrière du quai de France : elles appartiennent à la base de la zone à *Ammonites tenuilobatus* : on y trouve *Ammonites tortisulcatus*, *A. oculatus*, *A. platynotus*, et particulièrement *Holectypus orificiatus*, Schl., assez fréquent.

Du plateau de la Bastille, nous sommes descendus par le versant oriental, à travers les vignes de la Tronche; nous avons traversé, dans ce trajet, les calcaires en bancs minces, de plus en plus argileux, qui correspondent, d'abord aux bancs les plus inférieurs de la car-

rière du quai de France, puis à la zone à *Ammonites Martelli*, *A. canaliculatus*, etc. (Voir la coupe d'ensemble, pl. XVII, fig. 5.)

Les dépôts glaciaires superficiels nous ont encore fourni, sur ce versant, des sujets intéressants d'observation ; ici, les blocs erratiques sont, presque tous, d'origine savoisienne : parmi eux, prédominent les *quartzites triasiques* et les *grès anthracifères*, plus ou moins schisteux, laminés par une forte pression, qui viennent de la Haute-Maurienne, avec les gneiss granitoïdes, à grands cristaux d'orthose, qui viennent des parties de la chaîne de Belledonne situées entre Allevard et Saint-Jean de Maurienne. Nous avons vu, à mi-côte, dans les vignes, un magnifique bloc d'un grès anthracifère, tout à fait analogue à celui qu'on exploite à la station de la Praz, entre Saint-Michel et Modane : c'est un des plus remarquables des environs de Grenoble ; il est à regretter qu'on en ait fait sauter une partie à la mine, il y a une dizaine d'années.

Entre la Tronche et la porte Saint-Laurent, par laquelle nous sommes rentrés à Grenoble, nous avons vu, au bord de la grande route, l'ancienne carrière ouverte dans les couches les plus inférieures de ce versant. Ces couches sont à peu près verticales ou même légèrement renversées, mais découpées en deux sens par des diaclases, qui peuvent, au premier abord, induire en erreur sur le sens de la statification. Celui-ci est indiqué, d'ailleurs, sans aucune incertitude, par de nombreuses empreintes d'ammonites, écrasées et déformées (*Amm. Martelli*, *A. plicatilis*, etc.). Cette carrière a été exploitée, il y a plus de trente ans, pour la fabrication du *ciment ;* elle correspond aux exploitations analogues établies sur le prolongement des mêmes couches, d'une part dans la vallée de l'Isère, en amont de Grenoble, à Saint-Ismier, Crolles, etc., d'autre part dans la vallée de la Gresse, aux environs de Vif. Entre ces couches à ciment *oxfordiennes* et les couches à ciment de la Porte de France (*zone de Berrias*), il y a toute l'épaisseur de la montagne que nous venions de franchir, correspondant à la largeur de la traversée de Grenoble, entre la porte Saint-Laurent et la porte de France.

La discussion est ouverte sur les faits observés dans cette excursion.

M. **Benoit** demande s'il ne serait pas possible de préciser le synchronisme des diverses assises observées avec celles des étages moyens et supérieurs du Jura. Pour la zone de Berrias, représentée ici par les couches à ciment, il serait disposé à y voir un équivalent des couches lacustres suprà-jurassiques rapportées généralement au groupe de Purbeck.

M. **Lory** fait observer que les excursions des jours suivants pourront fournir à ce sujet de discussion, des éléments plus variés, surtout quand la Société aura vu, à l'Échaillon, le dernier représentant de la série telle qu'elle est dans le Jura.

M. **Renevier** insiste sur la continuité remarquable que présente la série des couches calcaires de la Porte de France : à de grandes assises de calcaires essentiellement compacts, dont les caractères pétrographiques sont les mêmes, succède un groupe de couches marno-calcaires qui leur sont étroitement liées. Tout l'ensemble lui paraît devoir former un tout indivisible, équivalant au *Malm* et rentrant en entier dans le groupe jurassique supérieur.

M. **Hollande** fait remarquer que, dans le Jura, la série jurassique supérieure a 250 mètres d'épaisseur, tandis que, du côté des Alpes, l'ensemble des calcaires compacts en question atteint une épaisseur bien moindre ; à Grenoble, 90 mètres, suivant M. Lory, entre les couches à ciment (zone de Berrias), et les bancs à *Ammonites tenuilobatus ;* à Chambéry, à peine 50 mètres. D'autre part, les faciès pétrographique et paléontologique sont très différents de ceux des étages supérieurs du Jura et ne permettent pas d'établir des synchronismes.

M. **Lory** fait observer que les couches à ciment, qui contiennent, à Grenoble, en moyenne 24 0/0 d'argile, tendent à devenir, au sud, de plus en plus calcaires et perdent aussi leur caractère bitumineux. Il demande si M. Jaubert n'aurait pas constaté, dans les Hautes-Alpes, des variations analogues.

M. **Jaubert** répond que l'assise de Berrias, telle qu'elle est représentée, à Grenoble, par les couches à ciment de la Porte de France, ne ressemble pas à celle de l'arrondissement de Gap : dans celle-ci, au lieu de calcaires noirs, argileux et bitumineux, on trouve des calcaires blancs ou grisâtres, à peine argileux, qui contiennent toute la faune de Berrias.

M. **Lory** ajoute que ce changement de nature minéralogique a empêché l'extension des exploitations de ciment vers le sud ; elles ne vont pas au delà de Saint-Andéol, près le Monestier de Clermont, dans l'assise en question.

M. **Potier** demande si, à Saint-Julien en Beauchêne, la limite entre les couches de Berrias et les couches *tithoniques* est facile à tracer.

M. **Jaubert** répond qu'il est souvent difficile de la préciser, par suite des alternances de structure que l'on rencontre, sur des points très rapprochés, et de la rareté des fossiles dans les couches de jonction.

M. **Pillet** présente des spécimens d'un système de cartes géologiques articulées, réunissant, sur une même feuille, la représentation superficielle des affleurements et les profils en travers correspondants : il en a fait l'application à une carte du département de la Savoie, qu'il met sous les yeux de la Société.

La séance est levée à 9 heures et demie.

Séance du 5 *Septembre* 1881, *à la Grande-Chartreuse.*

PRÉSIDENCE DE M. LORY.

La séance est ouverte à 6 heures et demie du soir, au couvent de la Grande-Chartreuse, dans la *Salle de France*, mise gracieusement par le Révérend Père Prieur, à la disposition de la Société.

M. de Lamothe, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance précédente, qui est adopté.

M. **Hébert** demande la parole à l'occasion du procès-verbal. Il constate qu'il n'a été reconnu, à Grenoble, aucun mélange entre la faune des couches à *Ammonites tenuilobatus* et celle des couches à *Terebratula janitor*. Relativement à la continuité de ces dépôts, M. Hébert la conteste. Le groupe *tithonique*, en Italie, repose indistinctiment sur des assises très différentes, et même sur le *Lias*. Il y a donc, en général, discordance transgressive entre le terrain jurassique et les couches tithoniques. Au contraire, celles-ci sont toujours recouvertes par la zone de Berrias, au-dessus de laquelle vient toute la série néocomienne. Les continuités apparentes, comme celle que semble offrir la Porte de France, n'ont aucune valeur : la délimitation des faunes, bien établie, doit seule servir de guide.

M. **Renevier** fait observer que les remarques qu'il avait présentées à la séance précédente, avaient seulement pour but de relever un fait d'observation. La Société n'a constaté, à Grenoble, aucune discontinuité des dépôts, depuis la zone à *Ammonites tenuilobatus* jusqu'au Néocomien. Cette absence de lacune est un fait important, qu'il convient de bien établir.

M. **Hébert** répond que cette continuité n'est qu'apparente et que, d'après M. Mayer, il est impossible, sur les coupes de M. Stutz, de séparer le groupe tithonique d'avec le Néocomien.

M. Lory rend compte de l'excursion faite dans la journée.

Compte rendu de la course du 5 septembre, de **Grenoble à la Grande-Chartreuse,**

Par M. **Lory**.

Partie de Grenoble à 5 heures et demie, la Société a d'abord suivi la vallée de l'Isère, jusqu'à Voreppe et a pu déjà, dans ce trajet, étudier la stratigraphie des divers étages jurassiques et crétacés qui entrent dans la constitution des chaînes subalpines. La coupe générale en est représentée avec les inclinaisons réelles, pl. XVI, fig. 2.

Sur les couches argilo-bitumineuses auxquelles appartient le *ciment* de la Porte de France et que caractérise la faune de Berrias, la Société a vu s'appuyer, en premier lieu, dans les tranchées de la nouvelle route qui suit le bord de l'Isère, une puissante assise de marnes bleuâtres, qui sont, dans les environs immédiats de Grenoble, peu riches en fossiles : nous y avons trouvé seulement quelques fragments de bélemnites (*B. latus*, *B. conicus*, *B. bipartitus*) et quelques moules très déformés d'ammonites (*A. semisulcatus*, *A. Tethys*, *A. neocomiensis*). Ce sont les fossiles qui se rencontrent abondamment et bien conservés, à quelques lieues plus au sud, vers la source de la Gresse et au pied du Mont-Aiguille, et surtout à Saint-Julien-en-Beauchêne, et qui caractérisent l'assise des marnes néocomiennes inférieures ou *infrà-néocomiennes*. Le vallon de Saint-Martin-le-Vinoux et le petit torrent qui en descend au pont de Pique-Pierre sont creusés principalement dans ces marnes. Dès qu'on a franchi ce ruisseau, on voit, sur la route même, leur succéder des calcaires argileux, qui se délitent en ovoïdes irréguliers et avec lesquels ont été faits, au petit hameau de Narbonne, les premiers essais de fabrication de ciments hydrauliques dans la région.

Bientôt ces calcaires deviennent plus purs, un peu grenus, et d'une teinte bleue caractéristique, due à du sulfure de fer très divisé; par l'action de l'oxygène et de l'eau, aux joints des couches et dans les fissures, cette teinte bleue passe à une teinte ocreuse. Ces calcaires sont exploités pour moellons et enrochements, dans une carrière, au bord de la route : ils sont, sur ce point, peu riches en fossiles ; cependant nous y avons aperçu quelques coupes du test du *Pygurus rostratus*, dont un exemplaire complet y a été trouvé, et qui se rencontre bien plus fréquemment, aux carrières du Fontanil, dans des bancs exactement correspondants à ceux-ci. Ce sont, dans nos pays, les représentants des calcaires *valanginiens* du Jura, et la Société a pu constater ainsi, dès ce moment, combien ces calcaires

sont éloignés de constituer, dans nos chaînes subalpines, l'assise la plus inférieure de la série néocomienne.

Dans cette même carrière de Pique-Pierre, les bancs de calcaire bleu et jaune sont recouverts par des bancs plus minces de calcaires roussâtres, où apparaissent des bandes de silex : c'est la base des *calcaires roux siliceux* analogues à ceux qui terminent, dans le Jura, l'assise *valanginienne*. On y trouve des fossiles silicifiés, *Terebratula carteroniana*, *Ostrea rectangularis*, et *O. Couloni*, celle-ci très abondante à la surface du dernier banc du petit massif rocheux constitué par ces couches dures.

Les assises suivantes sont formées de calcaires argileux bien moins consistants, comme on le devine de loin par les pentes plus douces du sol et l'absence de saillies rocheuses. C'est d'abord une zone mince, mais très intéressante, de calcaires glauconieux, où abonde le *Belemnites pistilliformis*, accompagné, çà et là, du *B. dilatatus;* on y trouve aussi une assez grande variété d'autres fossiles, à l'état de moules *phosphatés : Nautilus pseudo-elegans*, *Ammonites cryptoceras*, *A. leopoldinus*, *A. astierianus*, *Pleurotomaria neocomiensis*, etc. Puis vient une zone bien plus épaisse de calcaires argileux bleuâtres, caractérisée surtout par *Crioceras Duvalii* avec *Ammonites radiatus*, *A. cryptoceras*, *A. rouyanus*, *Nautilus neocomiensis*, etc. ; et enfin, une zone plus marneuse, d'un bleu noirâtre, celles des *marnes à spatangues*, qui est, dans notre région subalpine du Dauphiné, le gisement exclusif du *Toxaster complanatus*, Ag., très abondant et accompagné seulement d'un petit nombre d'autres fossiles ; *Toxaster gibbus*, Ag., *Dysaster ovulum*, *D. anasteroïdes* et quelques-unes des espèces de la zone précédente. L'ensemble de ces trois zones peut être considéré comme représentant les *marnes d'Hauterive* du Jura.

Immédiatement au-dessus des *marnes à Spatangues* repose l[illegible]ude masse de calcaires compacts qui forme la crête abrupte du [illegible]eyron : c'est l'étage *urgonien*, peu abordable dans cette montagne, et que nous devions retrouver à plusieurs reprises dans des conditions plus favorables. La *fig.* 2, pl. XVI, montre comment les diverses assises, plongeant vers l'O.-N.-O., se recourbent et se relèvent de ce côté, au bord d'une *faille*, qui est un des traits principaux de la structure du massif de la Chartreuse et que nous devions traverser de nouveau, dans l'après-midi, en approchant du couvent.

Le bord inférieur de cette *faille* montre, comme le représente cette coupe, un ensemble d'étages (*Urgonien*, *Gault*, *Sénonien*, *Mollasse* à l'état de poudingue), replié en V, et le vallon de la Vence, à Saint-Égrève, correspond à ce pli synclinal.

A partir de là, jusqu'à l'approche de Voreppe, les couches sont

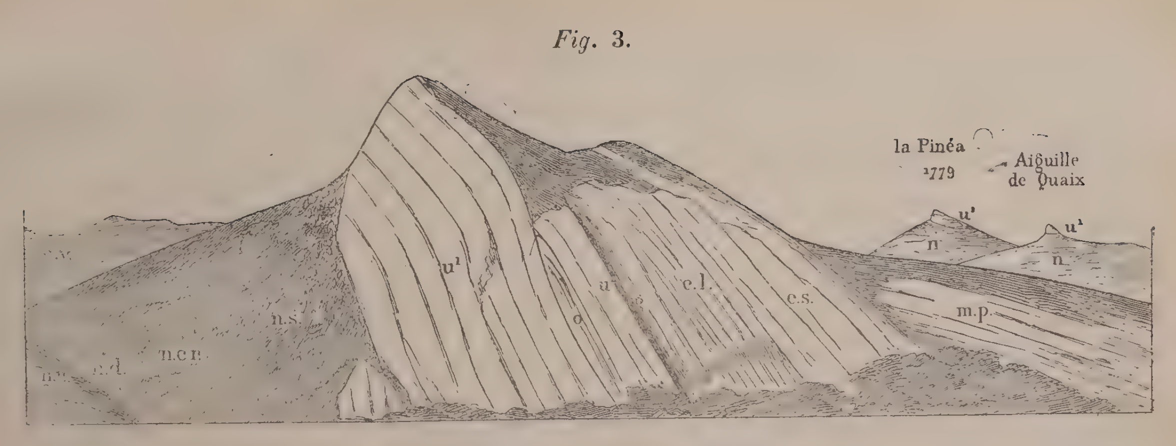
constamment relevées vers l'O.-N.-O. et montrent la série complète des étages, depuis la *Mollasse* jusqu'à l'*Oxfordien* supérieur, base des couches de la Porte-de-France.

Nous n'avons pas eu le loisir d'examiner de près les termes supérieurs de cette série ; mais la coupe naturelle en est tellement nette que les détails s'en apercevaient à distance, sans quitter la grande route. La *fig.* 3 est calquée sur une photographie prise de la station de Saint-Égrève et réduite à l'échelle $\frac{1}{10.000}$ environ : les montagnes de l'arrière-plan, à droite, appartiennent au bord supérieur de la *faille de la Chartreuse ;* au premier plan se montre, de droite à gauche, la succession des poudingues de la *Mollasse*, *mp*, de l'étage *sénonien*, comprenant les *calcaires à silex*, *c.s.*, et les dalles sableuses, ou *lauzes*, *c.l.*, que nous étudierons en détail dans la course de mercredi prochain ; le *Gault*, *g*, très mince, et l'*urgonien*, très épais, composé de deux grandes masses de calcaires à Caprotines, masse supérieure, u^2, d'environ 100 mètres d'épaisseur et masse inférieure, u^1, d'environ 250 mètres, séparées par une petite zone de calcaires grumeleux, *o*, où se trouvent spécialement *Orbitolina conoidea*, *Heteraster oblongus*, *Pygaulus depressus*, etc. La pente boisée et gazonnée de la partie N.-O. de cette figure, comprend les *marnes à Spatangues*, *n.s*, les calcaires à Criocères *n.c.*, la petite zone glauconieuse à *Belemnites pistilliformis* et les premières couches des calcaires roux siliceux, *n.r.*, après lesquels, sur un plan plus éloigné, se montre le grand développement des calcaires valanginiens, *n.v.*, exploités dans les carrières du Fontanil.

Cette coupe naturelle présente un intérêt particulier en ce qu'elle met en évidence des glissement locaux des assises, les unes sur les autres, d'où résultent des apparences de discordances de stratification, surtout entre la *craie* et les poudingues de la mollasse. Ces glissements se sont produits au voisinage de la grande cassure transversale de la vallée de l'Isère. En remontant le vallon de la Vence, il est facile de s'assurer que les couches de la *Mollasse*, celles de l'étage *sénonien* et toutes les autres assises crétacées ont exactement la même inclinaison.

Un peu plus loin, entre Saint-Égrève et le Fontanil, la route passe en face du rocher isolé de Cornillon, qui semble, au premier abord, un gros bloc tombé de la crête *urgonienne*, u^1, de la figure précédente : un coup d'œil suffit pour reconnaître qu'il est formé de couches repliées en V, par suite de leur affaissement entre les deux lèvres d'une faille locale béante, sorte de fêlure subordonnée à la grande cassure transversale de la vallée de l'Isère (fig. 4).

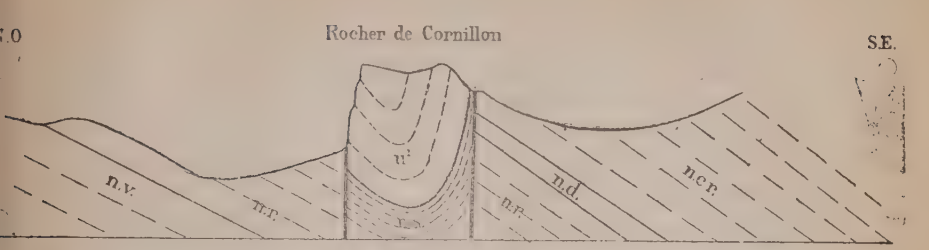
Fig. 3.



Aspect géologique de l'escarpement de Rochepleine, à Saint-Egrève, pris de la station du chemin de fer (calque d'une photographie).

n. Étage néocomien; — *n.v.* Calcaire du Fontanil (*valanginien*) formant un *crêt* au second plan; — *nr*. Calcaire roux siliceux; — *nd*. Couches à *Belemnites dilatatus et B. pistilliformis;* — *n.cr.* Couches à *Crioceras Duvalii*; — *ns*. Marnes à spatangues. — u^1. Calcaire urgonien, masse inférieure; — *o*. Couches à orbitolines, niveau inférieur; u^2. Calcaire urgonien, masse supérieure. — *g*. Gault. — *c.l. lauzes* et *c.s.* Calcaires à silex (*Sénonien à Belemnitella mucronata*). — *mp*. Mollasse marine, à l'état de poudingues. — Les cimes de l'arrière plan, à droite (la Pinéa, etc.), appartiennent à la lèvre supérieure de la ***Faille de la Grande-Chartreuse.***

Fig. 4.



Coupe du rocher de Çornillon, près du Fontanil. — Même légende que pour la fig. 3.

La Société s'est arrêtée pour visiter les carrières du Fontanil. La pierre de taille qu'on y exploite est un calcaire grenu, demi-dur, en gros bancs très réguliers de 1 à 3 mètres, séparés par des mises marneuses : on l'obtient en blocs de toutes dimensions et de formes déterminées, qu'on détache avec des coins, sans recourir à la mine. Sur la plus grande partie de l'épaisseur exploitée, le calcaire est coloré en bleu, par une petite quantité de sulfure de fer très divisé : dans les fissures et les parties extérieures des bancs, cette teinte passe au jaunâtre, par l'action de l'eau aérée, qui transforme le sulfure en peroxyde hydraté. Ces carrières ont pris une importance nouvelle entre les mains de leur propriétaire actuel M. Thorrand, et l'exploitation s'étend maintenant à des bancs inférieurs, naturellement jaunâtres et plus durs.

Les calcaires du Fontanil sont les représentants des calcaires *valanginiens* du Jura. La Société a pu le constater par les fossiles assez nombreux qu'elle a recueillis en place ou que M. Thorrand a mis gracieusement à sa disposition. Les plus caractéristiques sont *Ammonites Thurmanni*, Pict.; *Natica Leviathan*, Pict.; *N. helvetica*, Pict.; *Pholadomya elongata*, var. *Scheuchzeri*, Ag.; *Ostrea Couloni*, var. de petite taille; *Terebratula hippopus*, Rœm.; *Pygurus rostratus*, Ag., etc. On y trouve une assez grande variété d'échinides, en général mal conservés, dont la plupart remontent dans les assises suivantes.

Dans la carrière la plus rapprochée de l'église du Fontanil, la Société a vu avec intérêt une belle surface polie et striée. Chaque fois que l'on a étendu le découvert de cette carrière, il a fallu enlever une nappe de *boue glaciaire*, à cailloux et blocs alpins, sous laquelle la roche en place se montre parfaitement polie et burinée de stries qui ne sont pas dans le sens de l'inclinaison, mais bien dans la direction de la vallée transversale de Grenoble à Voreppe.

La surface polie est, en ce point, parallèle aux joints de stratifica-

tion. Ce fait avait fixé l'attention de nos devanciers, en 1840, à une époque où la théorie glaciaire commençait à peine à se faire jour. Comme il s'observe à une faible hauteur au-dessus du fond de la vallée actuelle, il concourt, avec d'autres faits analogues, à démontrer que les grands glaciers alpins ont rempli cette vallée jusqu'à un niveau bien inférieur à celui des *alluvions anciennes anté-glaciaires*, qui se trouvent, en amont et en aval, à plus de 250 mètres au-dessus du thalweg actuel. Ce fait me paraît rendre très admissible, pour la vallée transversale de Grenoble à Voreppe, l'idée d'un *affouillement*, d'une ablation des *alluvions anciennes*, à l'époque où le grand glacier des Alpes dauphinoises est venu déboucher par cet étroit passage.

Le facies calcaire et la faune caractéristique du *valanginien* ne sont nulle part mieux développés qu'au Fontanil. Réunis au calcaire roux siliceux à *Ostrea rectangularis*, ils forment, dans la partie moyenne de l'étage *néocomien*, un puissant massif de bancs durs, une *barre* abrupte, qui se prolonge au nord, sous forme d'un *crêt* très saillant et va constituer le sommet de la Grande-Sure (1923 mètres), le point le plus élevé à l'O. de la *faille de la Grande-Chartreuse*. En quittant le Fontanil, nous avons vu ces calcaires reposer sur l'assise des marnes à *Belemnites latus*, et au-dessous de celles-ci, comme du côté de Grenoble, nous avons vu reparaître la *zone de Berrias*, les couches à *ciment de la Porte-de-France*, au Chevallon, où elles sont, depuis bientôt dix ans, l'objet d'une exploitation importante par MM. Thorrand et Cie.

La Société a visité avec intérêt les galeries très étendues de cette exploitation, où l'on trouve, comme à la Porte-de-France, un groupe principal de couches à *ciment*, de 3 à 4 mètres d'épaisseur, et en dessous, deux autres bancs à *ciment* moins importants, alternant avec des couches à chaux hydraulique limite. Par ces circonstances de gisement, et aussi par leurs caractères physiques et chimiques, la présence du bitume, les proportions moyennes de l'argile, sa finesse et sa richesse en alumine, les couches à ciment du Chevallon présentent une ressemblance complète avec celles de la Porte-de-France.

Cette assise repose sur des calcaires compacts à pâte très fine, blancs ou à peine grisâtres, qui correspondent à ceux de la localité d'Aizy, sur Noyarey, située en face, de l'autre côté de la vallée de l'Isère. Malgré leur développement considérable et la facilité avec laquelle on peut les étudier, dans tout l'intervalle compris entre l'entrée des galeries et les fours à ciment, ces calcaires paraissent, ici, très pauvres en fossiles, et l'on n'y aperçoit que quelques rares indices d'ammonites (probablement *A. privasensis*); sur un point, on y voit un faciès bréchiforme, avec des débris de polypiers, d'é-

chinides et de crinoïdes, représentant rudimentaire de la *brèche d'Aizy*. Ces indications paléontologiques sont mieux visibles dans la continuation de ces mêmes calcaires entre le couvent de Chalais et le sommet de la Grande-Aiguille de ce nom (cote 1095, carte de l'État-Major); on y a trouvé, comme à Aizy, les *Ammonites privasensis* et *ptychoicus*, et le sommet même de l'Aiguille est formé par un banc rempli de polypiers.

Ces calcaires *tithoniques* d'Aizy, du Chevallon et de Chalais présentent un certain contraste avec ceux de la Porte-de-France par leur teinte claire, leur pâte très fine, lithographique. Leurs couches inférieures sont dépourvues de fossiles et je n'y ai jamais rencontré la *Terebratula janitor*.

Les ammonites sont surtout dans les couches supérieures, et la plus commune est l'*Amm. privasensis*, qui n'a pas été trouvée, à la Porte-de-France, en dessous de la zone de Berrias. Enfin le faciès bréchiforme à polypiers, échinodermes, etc., se montre çà et là, plus ou moins développé, dans ces mêmes couches supérieures, bien plus souvent qu'à la Porte-de-France et dans le prolongement de la même direction en regard des chaînes alpines. Nous retrouverons ce faciès en revenant demain vers Saint-Laurent-du-Pont par la nouvelle route de Curière; et c'est sur la continuation de ce même alignement le plus éloigné des Alpes que se trouve, à Chambéry, l'exemple le plus remarquable de ce faciès, celui de la *vigne Droguet*, si complètement étudié par M. Pillet.

Revenue aux fours à ciment, la Société a vu les calcaires blancs *tithoniques* reposer sur de gros bancs compacts noirs, qui sont bien à découvert sur la rive droite du torrent, particulièrement un gros banc à larges mouchetures noires sur fond brun, que nous avions déjà aperçu à la Porte-de-France, et que nous retrouvons ici même, dans le couvent de la Grande-Chartreuse, employé comme pierre de taille et poli comme marbre d'ornementation caractéristique.

Par son aspect et par son gisement, ce calcaire moucheté est l'analogue du marbre de Chomérac (Ardèche), et ses noyaux foncés sont souvent, comme dans ce dernier, des moules d'ammonites.

Une agréable surprise avait été préparée à la Société : MM. Thorrand et Nicolet lui ont offert une excellente collation, dont madame Thorrand a fait gracieusement les honneurs. En exprimant sa gratitude pour une si aimable réception, la Société ne pouvait manquer de former des vœux pour la prospérité de cette belle exploitation, arrivée en quelques années à un tel développement que, d'après la statistique dressée par M. le garde-mines principal Gayet, elle a

été, en 1880, au premier rang pour la production, parmi les usines à ciment de l'arrondissement de Grenoble.

Le massif tithonique et jurassique de l'Aiguille de Chalais est tranché brusquement, à l'ouest, par une grande *faille*, contre laquelle butent les couches peu inclinées de la mollasse marine et des poudingues qui les recouvrent (pl. XVI, fig. 2). On ne saurait trouver un exemple plus net et plus classique de ces grandes fractures, indépendantes des plissements, et de leur rôle fondamental dans la structure des Alpes. L'aspect en est d'autant plus saisissant qu'on en voit nettement la continuation, mettant en contact les mêmes terrains, de l'autre côté de la grande coupure transversale de la vallée de l'Isère, le long du vallon de Veurey. Cette faille, que j'ai appelée *faille de Voreppe*, met ici en contact des couches dont l'intervalle, dans la série régulière des superpositions ne peut guère être estimée à moins de 2000 mètres. Nous l'avons suivie jusqu'à la gorge de la Chartreuse, et nous aurions pu la suivre plus au nord, jusqu'au delà de la gorge du Guiers-Vif, près de Saint-Jean-de-Couz, où on la voit cesser assez brusquement par un raccordement de ses deux lèvres qui s'inclinent l'une vers l'autre. Nous pourrions aussi la suivre au midi, depuis Veurey, par Montaud, Rencurel, et la vallée du Vercors, où elle cesse de même en face de Saint-Martin, se dessinant ainsi en affleurement sur une longueur de près de 60 kilomètres.

Le tracé de cette faille, sur la carte, n'est pas rectiligne. Au nord de l'Isère, sa direction moyenne est vers le N. 26° E., (*Alpes occidentales*, Elie de Beaumont) entre Voreppe et Saint-Jean-de-Couz; mais elle subit un fort rejet vers l'E., à la traversée de la coupure transversale de la gorge du Guiers-Mort. Au sud, il y a un rejet non moins marqué et dans le même sens, à Veurey, et ce n'est qu'au sommet du vallon, à Montaud, qu'elle reprend une direction peu différente, celle du S. 20° O., jusqu'à la limite sud de la feuille de Grenoble; à partir de là, elle se rapproche de plus en plus du méridien et devient S. 8° O. (*Vercors*, Elie de Beaumont), jusqu'à la terminaison à Saint-Martin. De plus, dans les détails d'inflexions de ses affleurements, cette faille vérifie la loi que j'ai fait connaître pour la majorité des grandes failles alpines (*Bull.* 2e série, t. XXV, p. 235) et indique par là qu'elle doit être légèrement *surplombante*.

Le bord inférieur de la *faille de Voreppe* nous a montré les couches de la *Mollasse marine*, inclinées seulement de 10° et butant contre la tranche abrupte des calcaires jurassiques. Cette mollasse a été exploitée dans de grandes carrières souterraines, où se sont produits, à plusieurs reprises, et récemment encore, des tassements et des éboulements considérables. Tout près de ces carrières, un peu

plus à l'O., dans l'ancien clos de La Ville, on trouve un petit banc qui renferme l'*Ostrea crassissima*. Cette mollasse sableuse et un peu argileuse, par suite souvent gélive, a été jusqu'à ces derniers temps une des pierres de construction les plus employées dans la vallée de l'Isère : son usage a beaucoup diminué par l'emploi de la mollasse calcaire de Saint-Paul-Trois-Châteaux, et surtout celui des pierres factices en béton de ciment.

Les couches de la mollasse sableuse sont surmontées d'une grande masse de poudingues peu distinctement stratifiés, qui paraissent presque horizontaux dans leur ensemble, et dont la surface inférieure, à l'entrée même des carrières souterraines, coupe en biseau très aigu les bancs de mollasse, inclinés de 10 à 12°. C'est un des points qui ont été décrits tout spécialement par Elie de Beaumont comme établissant une discordance de stratification entre la *Mollasse* et les *poudingues*, et, montrant que ceux-ci seraient postérieurs à la dernière dislocation des Alpes occidentales. En réalité, il n'y a là qu'un de ces exemples de *bisellements* si fréquents dans les ensembles de couches sableuses et caillouteuses, déposées dans des eaux plus ou moins agitées. En avançant vers Voreppe, on voit, sur la rive gauche du torrent de Roize, un peu en dessus du bourg, l'assise de mollasse sableuse exploitée reposer elle-même sur des poudingues semblables à ceux de dessus et alterner régulièrement avec eux, près du contact. Ainsi la mollasse sableuse, *m*, et les poudingues, *p* (pl. XVI, fig. 2), ne sont que deux aspects différents d'une même série de couches.

Arrivés à Voreppe, nous avons vu que la mollasse reposait directement sur le calcaire *urgonien* et nous nous sommes écartés un instant de la route pour observer, à l'entrée du clos d'Agoult, derrière l'hôtel de Paris, un affleurement des couches à orbitolines. Elles s'y prése[illegible] sous la forme d'un calcaire argileux jaunâtre, alternant ave[illegible]nes jaunes ou grises, et l'on voit très nettement qu'elles sont intercalées, comme l'indique la coupe fig. 2, entre deux assises abruptes de calcaires compacts à Caprotines. Outre des bancs pétris d'*Orbitolina conoïdea*, nous avons rencontré, dans les marnes qui alternent avec eux, plusieurs débris d'échinides, spécialement *Salenia prestensis*, *Heteraster oblongus*, et des réquienies, dont les moules sont pétris d'orbitolines. Il n'y a donc aucun doute possible sur la liaison intime entre les calcaires urgoniens et les couches à orbitolines.

Immédiatement au-dessus de Voreppe, au premier tournant où la route quitte le bord du torrent de Roize, nous avons vu la base de la *Mollasse* constituée par un banc de poudingue assez grossier, pétri de débris de mollusques et d'échinides, parmi lesquels nous avons dis-

dingué *Pecten subscabriusculus*, Font., *P. latissimus*, *Echinolampas hemisphœricus*, des radioles de *Cidaris avenionensis*, et des dents de squales. Les cailloux de ce poudingue inférieur sont de natures diverses, mais cependant, pour la plupart, de provenance plus prochaine que ceux des poudingues supérieurs dont nous avons parlé tout à l'heure. Ils proviennent, en grande partie, du calcaire urgonien sous-jacent ou des silex que l'on rencontre à côté, dans un dépôt spécial très intéressant, celui des *sables et argiles réfractaires.*

Ces sables sont exploités, au-dessus de Voreppe, au hameau de Malossanne : ils ne s'y montrent pas en gisements bien réguliers, mais seulement dans de vastes poches et des cavités irrégulières, creusées à travers et entre les bancs du calcaire urgonien supérieur. Ils sont très peu argileux, formés presque entièrement de grains de quartz, et tantôt blancs, tantôt colorés en rouge, en jaune ou en vert, par de l'oxyde ferrique anhydre ou hydraté, ou par un silicate ferreux analogue à la *glauconie.* Ils renferment des silex, souvent géodiques dont la croûte extérieure est sableuse et montre bien qu'ils se sont formés au milieu des sables eux-mêmes et ne proviennent pas d'un terrain plus ancien, de la craie sénonienne par exemple. Le sable blanc est lui-même agglutiné, par places, par de la silice, en rognons de véritables grès siliceux. Mais ces silex et ces rognons de grès sont généralement brisés, fragmentés, dispersés irrégulièrement, et témoignent que ces sables de Voreppe ne sont plus dans les conditions originelles de leur formation, qu'ils ont été remaniés et ont coulé ainsi dans les poches et les vides irréguliers du calcaire sous-jacent.

Il existe de nombreux gisements de sables du même genre, plus ou moins argileux, non calcaires, qui sont activement recherchés maintenant pour leur qualité réfractaire, dans toute l'étendue de la zone crétacée subalpine. Dans les conditions de gisement normal, ils reposent toujours sur la surface supérieure du terrain crétacé, quel que soit l'étage par lequel il se termine. Ainsi, dans l'Isère et la Savoie, c'est, le plus souvent, sur le *Sénonien.* Ils sont quelquefois surmontés ou accompagnés, en alternance, de dépôts bien stratifiés spéciaux, de calcaires lacustres plus ou moins siliceux (Lus la Croix-Haute, Rochebrune près Saint-Nazaire en Royans), de meulières (Dieulefit, avec *Planorbis pseudo-rotundatus*, et *Limnœa aquensis*). Ils se présentent donc comme des dépôts réguliers, attribuables au terrain *éocène*, mais qui ne sont peut-être pas tous du même âge. Quelquefois ils ne sont recouverts par aucun terrain tertiaire; le plus souvent ils le sont par la *Mollasse d'eau douce* (calcaire à *Helix Ramondi*) ou directement par la mollasse marine, comme c'est le cas le plus ordinaire dans l'Isère.

Au-dessus de la principale excavation des sables de Mallossane, nous avons revu le conglomérat grossier qui forme la base de la Mollasse marine, formé principalement de débris du terrain sous-jacent, et pétri des fossiles que nous avons cités dans son premier affleurement. Regagnant alors la route, nous avons retrouvé la mollasse sableuse en gros bancs, exploitée ici à ciel ouvert, puis, vers le contour de la route correspondant à la cote 360 (carte de l'Etat-Major), nous avons vu, dans une tranchée qui le montre très nettement, cette mollasse s'enchevêtrer et se lier, sans séparation possible, avec les poudingues, qui coupent cependant en biseau très aigu, les lits de mollasse sableuse. C'est la répétition et l'explication du fait que nous avons rappelé comme ayant été signalé par Élie de Beaumont à l'entrée des carrières souterraines de Voreppe.

Les couches de mollasse sont ici inclinées d'environ 20° et le poudingue renferme de petits lits sableux, minces et assez réguliers, qui ont la même inclinaison : ce poudingue est donc redressé lui-même, aussi bien que la mollasse et n'est qu'un facies caillouteux de la même formation.

La Société a pu, sur ce point, étudier rapidement les caractères de ces poudingues miocènes et y constater l'existence de beaucoup de cailloux de *porphyre quartzifère*, de *jaspes* rouges et verts et autres roches étrangères aux Alpes occidentales. Ce fait a son analogue dans le *Nagelfluh* de la Suisse : il en est de même du caractère des cailloux déformés et *impressionnés*, dont nous avons trouvé, sur ce même point, de nombreux et remarquables spécimens. J'ai fait remarquer à plusieurs de nos confrères que les faits observés sur place et tels que nous les avions sous les yeux, paraissaient ne pouvoir s'expliquer que par un ramollissement général et inégal des cailloux sous les eaux, et par une pression énergique, dont les effets se montrent toujours en rapport avec l'épaisseur du conglomérat et aussi avec les dislocations qu'il a subies.

De ce même point, on aperçoit toute l'épaisseur des poudingues, qui sont entamés par la profonde gorge d'écoulement du torrent de Roize. Sur les parois escarpées de la rive gauche de cette gorge, on voit nettement se reproduire, dans l'épaisseur même de ces poudingues, les phénomènes de contact en biseau entre des couches diversement inclinées.

C'est sur la rive droite de cette même gorge de la Roize, que se trouve intercalé dans l'épaisseur des poudingues, un petit dépôt local très intéressant, celui du *lignite* de Pommiers. L'état actuel de ce gisement, dont l'exploitation est abandonnée depuis longtemps, ne pouvait engager la Société à se détourner de sa route pour aller l'étu-

dier ; je rappellerai seulement que ce lignite, très compact, contient beaucoup de coquilles d'eau douce, écrasées, et que l'on y a rencontré, en 1840, une dent de mastodonte, qui est aujourd'hui au musée de Lyon, où elle a été classée par Jourdan sous le nom de *Mastodon affinis*. Au toit du lignite, se présentent des alternances de sables et de marnes bleues, et c'est dans celles-ci que se trouvent deux espèces importantes pour fixer l'âge de ces couches, *Cerithium papaveraceum*, Brocchi et *C. Duboisi*, Hörn. Par-dessus ces dépôts locaux d'eau douce et d'eau saumâtre, revient encore une grande épaisseur de poudingues entièrement semblables à ceux de dessous. Le lignite de Pommiers caractérise ainsi, dans nos poudingues miocènes, un horizon bien évidemment inférieur à celui des lignites de La Tour-du-Pin, intercalé dans des poudingues tout semblables, mais au-dessus des sables à *Nassa Michaudi*, etc.

En continuant à monter jusqu'au col de la Placette, nous avons vu continuer cette même superposition concordante des poudingues sur la *Mollasse* du plateau de Raz, et ces assises miocènes, plongeant vers la faille de Voreppe, atteignent, au rocher Sapey, en face de Saint-Jean-de-Raz, l'altitude de 1008 mètres. La lèvre supérieure de la faille est formée toujours par l'abrupt jurassique, surmonté du crêt *valanginien*, qui lui-même s'élevant de plus en plus, forme le sommet de la Sure (1924 m.), point culminant de la chaîne occidentale du massif de la Chartreuse. La coupe (pl. XVI, fig. 3) indique cette disposition, avec l'ensemble du profil transversal du massif.

La Société s'est transportée de là, sans s'arrêter, jusqu'à Saint-Laurent-du-Pont, d'où, après une halte, elle a repris l'étude des terrains, le long de la route de Saint-Laurent à la Grande-Chartreuse.

L'élargissement de la vallée, à Saint-Laurent-du-Pont, provient d'une déviation de la faille de Voreppe vers l'est, et la coupure transversale de la gorge du Guiers-Mort est en rapport avec cette déviation. En sortant de Saint-Laurent, nous avons retrouvé la mollasse sableuse, plongeant uniformément vers la faille, comme à Voreppe, sous une inclinaison de 10 à 15°, et nous avons pu vérifier encore, le long de la route, ses alternances et ses liaisons intimes avec les poudingues. Un peu plus loin, à un coude formé par le Guiers, nous avons vu cette même mollasse se relever fortement en sens contraire, sous un angle d'environ 70°, et nous avons aperçu, sur la rive droite, la coupe escarpée d'une falaise de graviers, dont les nappes (*a'*, pl. XVI, fig. 4.) sensiblement horizontales, coupent nettement, sur leurs tranches, ces couches de la mollasse *m* fortement inclinées. C'est encore un des points qui avaient tout parti-

culièrement attiré l'attention d'Elie de Beaumont; confondant ces nappes caillouteuses avec les poudingues de Voreppe, il avait cru voir ici une preuve manifeste de discordance entre ces poudingues et la mollasse. Mais il suffit d'un examen un peu attentif pour reconnaître que cette falaise de la rive droite du Guiers n'est qu'une terrasse d'ancienne alluvion, un ancien *lit de déjection*, dont les matériaux à peine roulés, la plupart seulement émoussés, viennent tous des gorges de la Chartreuse et ne sont agglutinés que par du calcaire concrétionné, déposé par les eaux qui ont filtré et filtrent encore à travers ce terrain.

En face des forges de Fourvoirie, nous avons vu la mollasse, fortement relevée, s'appuyer sur les calcaires crétacés, redressés de même; et au contact des deux terrains, nous avons constaté quelques indices de *sables réfractaires*, analogues à ceux de Voreppe. Ces sables se rencontrent sur divers points des environs et y donnent lieu à des exploitations qui tendent à devenir de plus en plus importantes.

De Fourvoirie à la Grande-Chartreuse, la Société a suivi pas à pas les détails de la coupe que nous avons essayé de représenter, aussi fidèlement que possible (pl. XVI, fig. 4). Elle s'est arrêtée particulièrement pour constater les positions précises des deux grandes *failles* dites de *Voreppe* et de la *Grande-Chartreuse;* pour examiner, entre ces deux failles, la belle exploitation des couches à ciment, *ci*, de la compagnie Vicat, situées exactement sur l'alignement de celles du Chevallon, et correspondant, comme celles-ci, aux mêmes conditions géologiques que celles de la Porte-de-France. En dessus de la *faille de la Grande-Chartreuse*, les calcaires de la Porte-de-France (J^3 et *ti*) reparaissent, et sont recouverts encore par un nouvel affleurement de ces couches à ciment, *ci*, au tournant de la Croix-Verte. Depuis ce point jusqu'à la Chartreuse, le chemin suit à peu près la direction des couches, et la *combe* occupée par les bâtiments et les cours du couvent, est creusée dans les marnes *infrà-néocomiennes*.

Après ce compte rendu, M. **Lory** donne quelques détails sur les excursions qui pourront être faites le lendemain, dans la matinée. Il propose, d'une part, l'ascension du Grand-Som, pour laquelle il s'offre de servir de guide et où l'on aura l'occasion d'explorer une série stratigraphique très nette, accidentée par des failles et des replis avec renversement, et où l'on trouvera, entre autres faits, au chalet de Bovinant, le *Sénonien* à l'état de *craie* blanche et presque tendre et des fossiles déterminables. Les membres qui ne se décideraient pas à faire cette ascension, pourraient la remplacer par une course très facile, en suivant les belles routes forestières du massif

à l'O. du couvent, par Chartreusette, etc. : ils auraient l'occasion d'y étudier des accidents analogues et le Sénonien, fossilifère aussi, au pâturage de l'Essart-Rocher. La fig. 4 de la planche XVI donne les coupes détaillées des terrains à explorer dans ces deux excursions.

A propos des sables que la Société a explorés à Voreppe, M. **Hébert** fait remarquer que des *argiles* avec *silex*, dans des poches profondes des calcaires, se retrouvent dans un grand nombre de pays et paraissent être d'âges très divers. Ceux du Dauphiné, d'après les détails donnés par M. Lory, seraient de la même époque que ceux de la Touraine et de l'Anjou, qui sont dans des poches de la craie et sont inférieurs au calcaire de Saint-Ouen et aux sables de Beauchamp.

M. **Lory** dit que dans le massif du Villard-de-Lans, où le Sénonien a le plus grand développement en surface et en épaisseur, les sables analogues à ceux de Voreppe, reposent toujours sur le Sénonien. Il en est de même dans la vallée de Proveysieux, de même aussi, plus au nord, à Saint-Jean-de-Couz (Savoie), en un mot partout où le *Sénonien* existe bien caractérisé et avec une puissance notable.

Quant aux conclusions que l'on peut être tenté de tirer de la concordance et de la continuité apparente entre deux groupes géologiques superposés, M. Lory fait observer, qu'il y a, dans le Dauphiné, de très grandes irrégularités dans le développement des étages crétacés moyens et supérieurs (*Aptien*, *Gault*, *Cénomanien*, *Sénonien*). L'étage *turonien* manque constamment; un ou plusieurs des autres peuvent manquer : aux environs de Grenoble, par exemple, il n'y a ni *Aptien*, ni *Cénomanien ;* et dans la succession immédiate de l'*Urgonien*, du *Gault* et du *Sénonien*, les couches de ces divers étages n'en sont pas moins concordantes et sans lacunes apparentes, au point de vue stratigraphique. Ces faits viennent à l'appui des remarques présentées par M. Hébert au sujet des couches de la Porte-de-France.

La séance est levée à 8 heures.

Journée du 6 septembre.

Le temps, qui était déjà menaçant la veille est devenu, dans la nuit, tellement mauvais que le programme projeté pour les excursions du 9, n'a pu être que très imparfaitement réalisé.

Toutefois, un certain nombre de membres, avec M. Lory pour guide, ont tenté la course du Grand-Som ; mais une pluie diluvienne

les a forcés de s'arrêter au chalet de Bovinant, et de renoncer à aller plus loin. On a pu constater seulement le caractère *crayeux* que présente, en cette localité, le *Sénonien;* M. Toucas et quelques autres membres y ont recueilli quelques fossiles : *Belemnitella mucronata*, *Echinocorys vulgaris*, *Inoceramus Cripsii*. La course projetée par d'autres membres, dans la direction de l'Essart-Rocher et d'Arpizon, n'a pu être entreprise.

Au moment de quitter le couvent de la Grande-Chartreuse, le Président a exprimé au Rév. Père coadjuteur, les remercîments de la Société, pour la gracieuse hospitalité et les prévenances dont elle avait été l'objet. La Société s'est associée unanimement aux paroles de son Président.

Le plus grand nombre des membres de la réunion a dû descendre directement à Saint-Laurent-du-Pont, tandis que quelques-uns, sous la conduite de M. Lory, se dirigeaient sur la rive gauche du Guiers, par Valombré, Malamille et la nouvelle route forestière de la Charmette et de Curière. La persistance du mauvais temps a encore contrarié beaucoup cette excursion : toutefois, il a été possible de constater la puissance considérable de la craie *sénonienne*, sur le sentier pittoresque qui va, de Malamille, rejoindre la route de la Charmette; la série néocomienne entamée par les travaux de cette route, et le beau développement des calcaires *tithoniques* de Curière, analogues à ceux d'Aizy et du Chevallon; enfin de remarquables dislocations des calcaires urgoniens et néocomiens redressés, au bord inférieur de la *faille de Voreppe*, accidents qui auraient mérité d'être étudiés en détail, dans des circonstances moins défavorables.

La Société a repris à Saint-Laurent les voitures qu'elle y avait laissées la veille et est rentrée à Grenoble à 11 heures du soir.

Séance du 7 septembre 1881, à Grenoble.

PRÉSIDENCE DE M. LORY.

La séance est ouverte à 8 heures, dans l'amphithéâtre de la Faculté des Sciences.

M. de Lamothe, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté, après une discussion à laquelle prennent part MM. Hébert, Renevier et Benoît, et d'après laquelle il est décidé que l'on supprimera, dans la rédaction, le terme de *sidérolithique*, employé pour désigner les sables et argiles réfractaires de Voreppe et autres gisements analogues.

M. le Président annonce une présentation.

Après avoir demandé à M. Jaubert, vice-président, de le remplacer au fauteuil, M. **Lory** rend compte des excursions faites depuis la dernière séance. Il expose en quelques mots celles de la veille, résumées ci-dessus, et avec détail celles de la journée, consacrées aux terrains crétacé et jurassique de la rive gauche de l'Isère, en aval de Grenoble.

Compte rendu de la course du 7 septembre de Grenoble à Sassenage et à l'Échaillon,

par M. Lory.

Partie de Grenoble, en voiture, à 6 heures et demie, la Société a traversé rapidement la plaine formée par les alluvions caillouteuses du Drac et s'est transportée directement au village de Fontaine, pour y étudier les assises de l'étage *sénonien*, plus épaisses et formées de roches bien plus dures que dans le facies crayeux de la partie nord du massif de la Chartreuse.

La disposition des couches est celle que montre la figure 1, pl. XVI, et l'assise supérieure forme, au bord de la plaine, le gradin escarpé appelé les *Balmes de Fontaine*. Cette assise est constituée par des calcaires blancs, ou peu colorés, très compacts, et remplis de silex, en rognons et plus souvent en bandes parallèles à la stratification ; ces silex, de teinte blonde ou brune, se fondent insensiblement, sur les bords, avec la pâte de la roche, imprégnée elle-même de silice dans toute la masse. Ces caractères subsistent encore dans les couches inférieures de cette assise, comme nous avons pu le voir dans la première carrière, à l'entrée de Fontaine. Nous n'avons aperçu dans ces *calcaires à silex*, aucun fossile : ils y sont, en effet, très rares; cependant sur le plateau de Vouillant, qui couronne les Balmes, j'ai cité depuis longtemps un exemplaire bien caractérisé de *Belemnitella mucronata*, que je place sous les yeux de la Société.

Ces couches, presque horizontales dans les Balmes, se relèvent à Fontaine et laissent voir en-dessous d'elles l'assise inférieure, composée de calcaires sableux ou finement siliceux qui s'exploitent en grandes dalles connues dans le pays sous le nom de *lauzes*. Les silex y disparaissent ou se fondent intimement dans la roche : souvent celle-ci se charge de petits grains de *glauconie* ou de petits graviers de phosphate de chaux ; les bancs les plus sableux sont de véritables grès très consistants, et ont été, jusqu'à ces derniers temps, em-

ployés au pavage des rues de Grenoble. Les couches inférieures, grises ou jaunâtres, dans lesquelles la silice est finement divisée, sont exploitées pour chaux hydrauliques siliceuses à Seyssinet, et surtout aux Côtes de Sassenage, où nous les avons vues un peu plus tard.

Les *lauzes* sont presque aussi pauvres en fossiles que les calcaires à silex; dans les carrières de Fontaine, je n'y ai connu pendant longtemps que des empreintes mal conservées de grands inocérames, de *Micraster* très déformés, d'ammonites et de hamites, et des fragments de bélemnites, en somme non déterminables. Dans mes premiers travaux et encore dans la *Description géologique du Dauphiné*, j'étais porté à considérer cette assise comme équivalente à la *craie marneuse* du nord de la France. Dans ces dernières années, l'exploitation très active des couches à chaux hydraulique des Côtes de Sassenage a donné l'occasion d'y recueillir d'assez nombreux fossiles et particulièrement des exemplaires parfaitement caractérisés de *Belemnitella mucronata*. Il est donc incontestable aujourd'hui que toute l'épaisseur des calcaires à silex et des *lauzes* appartient à l'étage *sénonien*, à la craie à Bélemnitelles, et il en est de même de la craie des montagnes de la Chartreuse et d'Entremont.

Après avoir étudié ces assises dans les carrières de Fontaine, nous avons vu que les *lauzes grises* qui en sont les couches les plus inférieures, reposent sur un petit gradin rocheux d'un caractère bien distinct. Pour l'examiner, nous sommes entrés dans un clos où nous avons été gracieusement accueillis par le propriétaire, M. Adolphe Pellat, le cousin d'un de nos savants et honorés confrères. Nous y avons vu les lauzes reposer immédiatement sur une couche graveleuse, remplie de fossiles roulés, à l'état de moules phosphatés : quelques-uns de ces débris étaient encore assez reconnaissables pour ne pas laisser de doute sur leur attribution au *Gault*. C'est du reste ains que se présente le Gault, dans toute la région, aussi bien au Villard-de-Lans, où il est recouvert par le *Cénomanien* inférieur de la Fauge, que dans les environs de Grenoble et les massifs de la Chartreuse, et des Bauges, où il est recouvert directement par le *Sénonien* à Bélemnitelles.

Sous cette petite couche de *Gault* à fossiles phosphatés, réduite ici à une épaisseur de 10 à 15 centimètres, il y a environ six mètres de couches minces, grenues, grisâtres ou jaunâtres, souvent pétries de fossiles brisés, que j'ai considérées comme formant la partie inférieure du *Gault* et désignées sous le nom de *lumachelles du Gault*. Nous n'y avons trouvé, sur ce point, aucun fossile déterminable. Mais nous avons pu voir nettement la superposition de cette assise sur les cal-

caires urgoniens compacts, et nous avons aperçu, au fond même du clos Pellat, l'intercalation, dans ces calcaires, d'une couche marneuse jaunâtre, contenant des orbitolines, *Heteraster oblongus*, *Nucleolites Roberti*, *Pygaulus depressus*, *Pterocera pelagi*, etc. Ce fait correspond exactement à celui que nous avions reconnu lundi dernier à Voreppe, et nos coupes de la pl. XVI montrent qu'il se reproduit partout de la même manière.

En avançant de Fontaine vers Sassenage, on voit la grande masse des calcaires urgoniens se relever de plus en plus au-dessus du niveau de la plaine, et elle laisse même apercevoir, en dessous d'elle, un affleurement des *marnes à Spatangues*, dans un talus boisé, dont nous avons d'abord suivi le flanc, pour aller de Sassenage à la source des Cuves. En approchant de cette source, nous avons brusquement changé de terrain et nous avons rencontré d'abord des *lauzes* glauconieuses, en couches à peu près verticales, très brisées, puis bientôt des *calcaires à silex*, en couches horizontales, dans lesquelles s'ouvrent les célèbres grottes des *Cuves de Sassenage*. Cela nous a montré nettement que nous traversions une *faille*, qui met ainsi en contact les *marnes à Spatangues* avec la partie supérieure du *Sénonien*, ou avec des lambeaux des couches inférieures de celui-ci, broyés dans le plan même de la fracture. Cette faille n'est d'ailleurs qu'un accident local, peu étendu : elle se continue seulement sur environ 2 kilomètres dans la masse de la montagne, suivant la direction du S. S. O., en diminuant de plus en plus d'importance et finissant par un raccordement de ses deux lèvres, infléchies l'une vers l'autre. Je la considère comme une petite cassure subordonnée à la grande *coupure transversale* de la vallée de l'Isère. Mais si restreinte qu'elle soit, cette petite faille est intéressante à un autre point de vue : car elle est probablement la tranchée dans laquelle se rassemblent les eaux pluviales du plateau supérieur, dit plateau Charvet ou de Saint-Nizier, et par laquelle ces eaux descendent, jusqu'à ce qu'elles rencontrent un fond imperméable, formé par les *lauzes grises* et les *marnes à Spatangues*, broyées ensemble dans le plan de fracture; elles sont forcées alors de jaillir par l'ajutage latéral ouvert dans les calcaires à silex *sénoniens*, c'est-à-dire par les grottes des Cuves.

Nous avons traversé la source et bientôt après le torrent du Furon, dans lequel elle se jette, encaissé, lui aussi, dans une fracture des mêmes calcaires à silex. En arrivant sur le plateau des Côtes de Sassenage, nous avons rencontré, sur un espace très circonscrit, un petit lambeau de poudingues *miocènes*, semblables à ceux de Voreppe, reposant, en stratification parallèle, sur les calcaires à silex; puis, traversant le plateau dans la direction du nord-ouest, nous avons

recoupé les assises sénoniennes, masquées en partie par des dépôts glaciaires, et nous sommes arrivés aux carrières à chaux hydraulique des Côtes de Sassenage.

Les bancs exploités dans ces carrières correspondent aux *lauzes grises* de l'assise *sénonienne* la plus inférieure de Fontaine : ils forment la plus grande partie du plateau incliné des Côtes, celle sur laquelle est tracée la route de Sassenage au Villard-de-Lans, jusqu'à l'entrée des gorges d'Engins. Dans le fond d'une ancienne carrière, on apercevait encore, il y a une vingtaine d'années, la petite couche de grès à fossiles phosphatés du *Gault;* on l'a atteinte aussi dans un puits de reconnaissance creusé à la partie inférieure d'une des carrières actuelles. Les bancs exploités contiennent eux-mêmes, en certains points, des graviers de phosphates; mais leurs fossiles sont entièrement différents de ceux du Gault : ce sont de grands inocérames, de grandes ammonites, encore non déterminées et des bélemnitelles, dont les exemplaires déterminables appartiennent incontestablement au *Belemnitella mucronata.* Ce fossile indique clairement la classification des *lauzes* et des calcaires à silex dans l'étage *Sénonien supérieur*, qui repose, sans intermédiaire, sur le *Gault.*

Les bancs exploités pour la fabrication de la chaux hydraulique sont des calcaires gris, compacts, mêlés intimement de silice très divisée et d'un peu d'argile. La proportion du résidu insoluble dans les acides étendus, varie généralement de 15 à 19 0/0, et la composition moyenne de ce résidu peut être représentée par 88 centièmes de silice, 5 à 6 d'alumine et 6 à 7 de peroxyde de fer. Ce sont donc des calcaires siliceux et très peu argileux, contenant en moyenne, environ 17 0/0 de silice. Cette composition est analogue à celle de la pierre à chaux hydraulique du Teil bien que celle-ci appartienne à un tout autre étage géologique. Au point de vue chimique, la chaux hydraulique de Sassenage peut être considérée comme équivalente à la chaux du Teil et elle a fait aussi ses preuves au point de vue industriel.

Accueillie avec la plus parfaite courtoisie par MM. Carrière frères et Cie, la Société a visité avec intérêt cette belle usine, qui a pris, dans ces dernières années un développement considérable, et où le blutage de la chaux, la mouture des grappiers sont pratiqués d'une manière analogue à ce qui se fait au Teil. La chaux de Sassenage a été employée à divers travaux maritimes et va l'être à ceux du canal de Panama.

Avant de quitter le plateau de Côtes de Sassenage, la Société a donné son attention aux dépôts superficiels très remarquables dont il est recouvert sur une grande partie de sa surface, et surtout au

bord de l'escarpement par lequel il se termine au bord de la vallée de l'Isère. Dans les carrières mêmes, au-dessus des bancs exploités, on voit une nappe de blocs et de débris calcaires de toute grosseur, et la surface des *lauzes* sénoniennes a été évidemment usée, rabotée, par le frottement de ces masses de débris. En retournant vers Sassenage, on voit ces blocs et ces débris former de grands amas, des buttes d'une étendue considérable et se continuer sur la pente qui regarde l'Isère, et même jusque dans la plaine, au pied de l'escarpement. Ces amas ne contiennent que très peu de débris *sénoniens :* ils sont formés presque entièrement de blocs et de débris *urgoniens*, et c'est parmi ces blocs que l'on a, jusqu'à ces derniers temps, exploité les plus belles pierres de taille pour les constructions et les monuments de Grenoble. Ces faits suffisent pour affirmer que l'accumulation de blocs des Côtes de Sassenage ne provient pas d'un éboulement ; car la presque totalité des pentes avoisinantes, aussi bien que le sol même du plateau sont formées de roches *sénoniennes.*

Comme Albin Gras l'a dit le premier, il faut considérer cette accumulation de blocs comme la *moraine terminale* d'un ancien glacier qui remplissait autrefois le vaste bassin de la vallée de Lans, dominée à l'est par une haute crête *urgonienne*, dont l'altitude moyenne est d'environ 2,000 mètres.

A l'époque de la plus grande extension des glaciers alpins, celui-ci n'en était qu'un simple affluent latéral ; mais il continua de subsister quelque temps, après la retraite du grand glacier en amont de Grenoble, et c'est alors, je crois, qu'il forma cette moraine terminale, dont la structure et l'aspect caractéristique, si bien conservés, attestent qu'elle n'a subi aucun remaniement.

Revenue à Sassenage, la Société a effectué, sans s'arrêter, le trajet jusqu'à la source sulfureuse située à peu près à mi-chemin entre Veurey et les carrières de l'Échaillon. Une coupe naturelle parfaitement nette permet de voir, de la grande route, tous les détails du profil représenté dans la *fig.* 1, pl. XVI. Plusieurs membres ont exprimé le regret que le programme de notre excursion n'eût pas compris un coup d'œil à la localité célèbre d'Aizy. J'ai dû alléguer comme excuse le temps assez considérable qu'eût exigé ce supplément d'exploration, et qu'il aurait été difficile de trouver dans une journée déjà si remplie ; j'ajouterai que, comme gisement fossilifère, cette localité est aujourd'hui bien appauvrie, et qu'au point de vue stratigraphique elle ne fournit, comme tant d'autres, que des documents incomplets sur une question toujours controversée.

La grande *faille de Voreppe* tranche brusquement, à l'ouest, l'affleurement jurassique supportant les couches d'Aizy, et on trouve,

dans le vallon de Veurey, la *Mollasse*, des représentants rudimentaires de la craie *sénonienne* et du *Gault*, l'*Urgonien* supérieur et les couches à orbitolines, absolument dans les mêmes conditions qu'à Voreppe. Traversant alors la grande masse *urgonienne* inférieure qui va former le sommet de la Dent de Moirans, on rencontre, en dessous, les *marnes à Spatangues*, au Petit-Port, puis les calcaires roux à *Ostrea rectangularis*, et les calcaires *valanginiens* ou du Fontanil, qui vont former le sol du plateau de Saint-Ours. Ces derniers affleurent au niveau de la route, tout près du point où la source sulfureuse des bains de l'Échaillon sort des couches situées immédiatement au-dessous.

Ce sont des calcaires argileux d'un gris bleuâtre foncé, contenant une variété d'*Ostrea Couloni*, *Rhynchonella lata*, etc., qui se rattachent encore évidemment à l'assise *valanginienne :* cette petite source sulfureuse froide et très peu saline, est ainsi, quant aux couches d'où elle sort, dans des conditions analogues aux eaux d'Aix en Savoie.

Ici, de même que dans le Jura, on ne trouve, en dessous de l'assise *valanginienne*, aucun représentant des marnes *infrà-néocomiennes* à *Belemnites latus*, etc., si développées dans la zone subalpine. Les calcaires *valanginiens* reposent immédiatement sur des calcaires compacts, qui, déjà à quelques mètres de la limite de contact, sont pétris de nérinées et continuent de se montrer avec les mêmes caractères dans tout l'escarpement qui règne de ce point au tournant du Bec de l'Échaillon. C'est seulement en arrivant tout près de ce promontoire, que l'on voit les parties inférieures de ce massif calcaire devenir tendres, d'un blanc mat, prendre la structure de la belle pierre blanche coralligène exploitée dans les carrières de l'Échaillon.

La pierre blanche de l'Échaillon se présente donc comme n'étant qu'un accident de structure, sur le même niveau géologique que les calcaires compacts dans lesquels on rencontre, du reste, les mêmes fossiles, mais moins faciles à dégager et moins bien conservés, *Terebratula moravica*, *Diceras Lucii*, etc. Tandis que dans ces calcaires compacts, la pâte de la roche provient, en grande partie, d'une précipitation chimique, enveloppant et moulant des fossiles entiers ou brisés, la pierre blanche de l'Échaillon est composée presque entièrement de polypiers et autres fossiles, brisés et triturés, formant une masse puissante, épaisse de 30 mètres environ, où la stratification est très peu distincte.

La partie supérieure de cette masse, au toît des carrières de l'Échaillon, est la plus riche en fossiles et contient beaucoup de grands polypiers entiers, de grands *Diceras Lucii*, etc. ; c'est celle qui a fourni, il y a trente ans, les fossiles les plus variés et les plus re-

marquables, entre autres les espèces nouvelles décrites par Albin Gras (*Catal. foss. de l'Isère*, 1852). A mesure que l'exploitation s'est développée en profondeur, elle a rencontré des calcaires plus homogènes, où les fossiles entiers sont de moins en moins abondants.

En dessous de la *pierre blanche*, qui ne contient que 1 ou 2 0/0 de carbonate de magnésie, la roche devient de plus en plus grisâtre et magnésienne ; on arrive à une véritable *dolomie*, grenue, caverneuse, dont les vacuoles sont hérissées de petits cristaux de *dolomie*. Il est à remarquer que ces calcaires magnésiens et même cette dolomie sont loin d'être dépourvus de fossiles : seulement, le test a généralement été dissous, et les fossiles sont à l'état de moules. Nous en avons vu sur place plusieurs exemples, et j'ai trouvé à cet état les fossiles les plus caractéristiques, *Terebratula moravica*, un grand exemplaire de *Diceras Lucii*, des *Cidaris* et autres échinides. La proportion de magnésie ne va pas en augmentant jusqu'à la partie inférieure du massif : en dessous de la dolomie, qui peut avoir 7 à 8 mètres d'épaisseur, il y a d'autres calcaires grisâtres, où la proportion de carbonate de magnésie redescend à 13 0/0, au niveau de la route et des alluvions de l'Isère, à la base de l'escarpement.

La Société a été accueillie, aux carrières de l'Échaillon, avec une grâce parfaite par MM. Biron frères, et elle a visité cette belle exploitation, ouverte à environ 100 mètres d'élévation au-dessus de la route, dans la roche abrupte, et desservie par un plan incliné de 90 mètres de hauteur. La pierre étant homogène et presque sans délit peut être extraite en monolithes de dimensions déterminées, que l'on circonscrit par des entailles et l'on détache avec des coins : la poudre et la dynamite ne sont employées qu'avec beaucoup de ménagements.

De ce belvédère entaillé dans le front le plus avancé des chaînes subalpines, la Société s'est plu à jeter un coup d'œil sur la vaste étendue de collines et de plateaux tertiaires qui règne sans interruption depuis là jusqu'au Rhône, dans la direction de Lyon ou dans celle du cours inférieur de l'Isère. Ces collines et plateaux sont formés essentiellement, par la *Mollasse marine* sableuse ou à l'état de poudingues à cailloux *impressionnés*, et par le Miocène supérieur, comprenant les *argiles à lignites* de la Tour-du-Pin et des environs de Saint-Marcellin, surmontées d'une grande épaisseur de sables, de grès et de poudingues, semblables à ceux de dessous, mais dans lesquels on n'a trouvé aucun fossile marin, et qui alternent souvent avec de petits lits de marnes lacustres. L'ensemble de ces assises miocènes présente une pente à peu près uniforme vers l'ouest, depuis les collines au nord de Voiron, qui touchent au massif de la

Chartreuse et atteignent 964 mètres d'altitude, jusqu'aux bords du Rhône, entre Lyon et Valence. Mais les couches y sont toujours sensiblement horizontales, ou du moins leur inclinaison est insensible à l'œil dans les tranchées naturelles ou artificielles de médiocre étendue.

Les dernières dislocations alpines, qui ont si fortement accidenté la mollasse dans les massifs calcaires auxquels appartient encore la roche de l'Échaillon, ne se sont manifestées, dans ce Miocène du Bas-Dauphiné, que par l'inclinaison générale que nous venons d'indiquer et par quelques fissures locales qui y ont facilité l'ouverture des vallées d'érosion.

Le repas de la Société avait été préparé à la cantine de l'exploitation : MM. Biron frères en ont fait les honneurs avec une courtoisie pour laquelle la Société ne saurait omettre d'exprimer ses sympathiques remerciements. Ils ont ensuite mis la plus grande complaisance à nous montrer leurs vastes ateliers, où sont taillés, tournés et polis ces magnifiques blocs de toutes dimensions qui ont valu à la *pierre de l'Échaillon* une réputation universelle. Enfin, pour compléter les agréables souvenirs que cette visite laissera à tous les membres de la Société, MM. Biron ont mis à leur disposition une ample moisson de fossiles du calcaire de l'Échaillon, mis en réserve à leur intention, et parmi lesquels les *Terebratula moravica*, *Diceras Lucii*, plusieurs nérinées, les radioles de *Cidaris glandifera* et de nombreux polypiers ont été accueillis avec un empressement très légitime.

Tout en regrettant que cette excursion n'ait pas pu comprendre une visite au gisement d'Aizy sur Noyarey, qui aurait réclamé à elle seule tout un jour et aurait présenté quelque difficulté pour une compagnie nombreuse, la Société est rentrée à Grenoble très satisfaite et bien dédommagée du mauvais temps qui avait contrarié d'une manière si fâcheuse ses excursions de la journée précédente.

M. **Lory** présente, de la part de M. le colonel **Breton**, le résultat du moulage sur place d'une grande ammonite que la Société avait remarquée dans sa visite du 4 septembre aux couches à ciment de l'ancienne carrière de la Porte de France.

M. **Pillet** pense que ce fossile n'est autre qu'un grand exemplaire d'*Ammonites occitanicus*.

M. **Didelot** présente à la Société le dessin d'une térébratule trouvée par lui dans les couches urgoniennes à Orbitolines de la Savoie, et donne quelques détails sur les caractères particuliers de ce fossile.

Au sujet de la composition de l'étage *urgonien*, M. **Renevier** fait la communication suivante :

Nous venons de voir à l'ouest de Grenoble, dans ces chaînes que M. Lory nomme chaînes sub-alpines, l'étage urgonien représenté par un grand massif calcaire, au tiers supérieur duquel se trouve intercalée une assise marneuse contenant *Heteraster oblongus* et de petites orbitolines. Les grands bancs de calcaires inférieurs paraissent ne contenir que le *Requienia ammonia*, tandis que les supérieurs, moins épais, contiendraient simultanément les *Req. ammonia* et *Req. Lonsdalei.* D'après M. Léenhardt, il paraît qu'il en est à peu près de même à Orgon ; que là aussi, les deux réquienies ont vécu ensemble, et que les orbitolines se trouvent disséminées dans presque toute la masse de l'Urgonien.

En Suisse, les circonstances sont assez différentes. Les deux réquiénies n'ont encore jamais été rencontrées ensemble. *Req. ammonia* caractérise exclusivement la partie inférieure, que nous considérons comme le véritable Urgonien ; tandis, qu'au contraire, *Req. Lonsdalei* et les *Orbitolina* ne se rencontrent qu'à la partie supérieure, dans les couches que j'ai séparées sous le nom de Rhodanien. A la Perte du Rhône, *Req. Lonsdalei* est cantonnée dans les calcaires roux à *Pterocera Pelagi*, qui forment la base du Rhodanien, et où se trouve aussi *Heteraster oblongus ;* tandis que les orbitolines forment une couche spéciale de 50 centimètres, vers la partie supérieure du *Rhodanien.*

A Sainte-Croix, dans le Jura vaudois, les orbitolines sont disséminées dans toute l'épaisseur du Rhodanien, qui est un calcaire marneux jaune, bien distinct de l'Urgonien blanc à *Req. ammonia.*

Dans les Alpes suisses, l'ensemble forme un grand massif calcaire comme à Grenoble, mais *Req. Lonsdalei* et les orbitolines paraissent spécialisés dans le tiers supérieur de ces calcaires qui est un peu plus jaunâtre, tandis que *Req. ammonia* ne se rencontre, à ma connaissance, que dans les deux tiers inférieurs, formés de calcaires plus blancs et plus compacts.

Dans les rares gisements où nous avons les couches aptiennes, elles se relient intimement à la série urgonienne susmentionnée, en en formant la partie tout à fait supérieure. Ainsi, à la Perte du Rhône et à Sainte-Croix, où elles sont à l'état de grès durs à gros bivalves ; à Waunenalp (Schwytz) et dans les Alpes vaudoises, où elles sont à l'état de calcaire gris, plus ou moins foncé. Ce n'est nulle part le vrai faciès d'Apt à ammonites pyriteuses, mais c'est un équivalent, surtout riche en acéphales, et qui contient quelques-uns des mêmes fossiles.

Ce sont ces circonstances qui m'ont engagé à réunir ces trois sub-

divisions comme trois termes d'un même groupe, et faute d'un meilleur nom pour l'ensemble j'avais adopté la contraction proposée par Coquand : *Urg-aptien*, qui toute défectueuse qu'elle est, représente bien les circonstances stratigraphiques que je viens d'énumérer.

M. **Léenhardt** dit qu'à Orgon, on trouve, à la partie supérieure, les calcaires à Réquienies, contenant, en même temps et abondamment *R. ammonia*, *R. Lonsdalei*, et au-dessous de ces calcaires une grande épaisseur de calcaires à orbitolines. En allant vers le Ventoux, les orbitolines se répandent dans toute la masse des calcaires.

M. **Lory** rappelle qu'à Apt même, les calcaires urgoniens sur lesquels la ville est bâtie renferment, à l'état de moules siliceux, *Requienia ammonia*, *R. Lonsdalei* et plusieurs autres espèces de la même famille, associées au *Pygaulus depressus*, comme à Grenoble, en dessous des marnes *aptiennes* typiques de d'Orbigny, dont la faune est toute différente.

M. **Toucas** fait observer que, dans les Corbières, il y a alternance entre les bancs à réquienies et ceux à orbitolines, dans toute l'épaisseur de l'étage. Quant au *Gault* que la Société a observé dans le clos Pellat, à Fontaine, les caractères en sont les mêmes que ceux du gault de Salazac (Gard).

M. Toucas continue en faisant une communication verbale sur la série crétacée supérieure du midi de la France, et particulièrement sur les divers niveaux de Rudistes qu'il y distingue.

M. **Hébert** exprime des réserves formelles au sujet des faits allégués et des conclusions émises par M. Toucas. Dans l'Aquitaine et la région des Pyrénées, le principal niveau de Rudistes ne contient pas ensemble *Hippurites cornuvaccinum* et *Radiolites cornupastoris* mélangés : ces fossiles sont dans deux assises distinctes, qui, dans les Corbières, sont séparées par les marnes à *Micraster brevis*.

M. **Lory** donne quelques indications au sujet de l'excursion en Oisans, pour laquelle la Société se mettra en route le lendemain.

La séance est levée à 10 heures du soir.

Séance du 8 septembre, au Bourg-d'Oisans.

PRÉSIDENCE DE M. LORY.

La séance est ouverte à 5 heures et demie du soir, dans la salle de la Justice de paix, au Bourg-d'Oisans.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

M. Lory, président, rend compte de l'excursion faite dans la journée.

Course du 8 septembre, **de Grenoble à Vizille et au Bourg-d'Oisans,**

par M. **Lory**.

La Société avait consacré les quatre premiers jours de la Réunion à l'étude de la *région des chaînes subalpines*, caractérisée principalement par le grand développement des terrains crétacés, et dans laquelle on ne voit qu'exceptionnellement, et sur son extrême limite (du moins dans le Dauphiné et dans le département de la Savoie), affleurer des étages jurassiques inférieurs à l'étage *oxfordien*. Aujourd'hui, nous avons abordé l'étude de la *première zone alpine*, constituée par les terrains anciens (*schistes cristallins* et *grès houiller*), le *Trias*, généralement très incomplet, manquant en beaucoup de parties, et un immense développement du *Lias*, à l'état de calcaires argileux noirs plus ou moins schisteux, sur lequel on ne rencontre que très rarement des représentants, peu caractérisés, des étages *bajocien* et *bathonien*.

Partie de Grenoble à 6 heures du matin, par le chemin de fer, la Société est descendue à la station de Vizille. De là, traversant la Romanche sur le pont de service des carrières de gypse, elle s'est dirigée vers ces carrières, situées dans le vallon des Combes de Champ.

A la tête même du pont, sur la rive gauche, nous avons constaté la présence du *Lias*, en couches presque verticales, plongeant vers l'ouest; il se présente ici, comme le plus souvent dans la *première zone alpine*, sous la forme de calcaires argileux noirs, schisteux, contenant des Bélemnites étirées et tronçonnées, qui ne permettent guère de déterminer, d'une manière précise, l'étage auquel elles doivent être rapportées.

En [illegible] sur la gauche et suivant les lacets du chemin d'exploitation qui conduit aux carrières, on constate un pli anticlinal

très aigu de ces couches du *Lias*, et ce pli, s'ouvrant, vers le sud, au sommet de la montée, laisse voir, dans la rupture, un terrain évidemment inférieur aux calcaires L du *Lias*, rejetés à droite et à gauche. Cet affleurement consiste en une bande puissante de *gypse* G, (*pl.* XVII, *fig.* 1), séparée du Lias, des deux côtés, par des dolomies compactes *d*. Ce gypse ne forme point une masse confuse et de structure irrégulière : il est très nettement stratifié, souvent rubané par un mélange intime d'argile verte ou brune, qui forme aussi de petits lits distincts. De petites couches d'*anhydrite*, d'autres de *dolomie* grenue, friable, alternent régulièrement avec le gypse. Cette disposition est difficilement conciliable avec l'ancienne théorie admise lors de la Réunion de la Société en 1840, et d'après laquelle le gypse et les dolomies ne seraient que des produits d'altérations locales des calcaires du Lias. C'est ce que j'ai fait observer depuis longtemps, et particulièrement en donnant la coupe de ce vallon des Combes de Champ dans le *Bulletin*, 2e série, t. XVI, p. 820. Mais l'indépendance complète entre le gypse et le Lias n'a pu être mise hors de doute, que par la constatation de la zone à *Avicula contorta*, à la limite commune de ces deux dépôts (*Bull.*, 2e sér., t. XIX, p. 720).

En suivant cette limite, du côté de l'ouest, jusqu'à l'extrémité sud de la bande de gypse G^1, en vue du village de Champ, nous sommes arrivés sur le point où j'ai pu recueillir, en 1862, les fossiles caractéristiques de la zone rhétienne. Immédiatement en dessous des derniers bancs de *Lias* à Bélemnites, L, nous avons vu une faible épaisseur de calcaires noirs argilo-sableux, *k*, montrant, dans la cassure, des coupes de petites coquilles bivalves ; plusieurs membres de la Société ont pu y reconnaître *Avicula contorta*, *Anatina præcursor*, Opp., *Gervillia caudata*. Winck., etc.

Un petit banc de grès, de quelques centimètres seulement d'épaisseur, sépare très nettement ces couches d'avec les dolomies compactes, *d*, formant le toit du gypse. Il est évident, d'après cela, que ce gypse doit être rapporté au *Trias*. Toutefois, j'ai fait remarquer à la Société le très faible développement de la zone à *Avicula contorta*, que nous avons vainement cherché à retrouver, dans une situation analogue, sur d'autres points du même vallon. On conçoit aisément que, dans une localité aussi fortement bouleversée, les glissements des terrains les uns sur les autres ont pu, en bien des endroits, oblitérer et faire disparaître une assise aussi mince.

En descendant du gisement de l'*Avicula contorta* sur la carrière de gypse Breton, nous avons constaté, au contact des dolomies triasiques, *d*, un premier affleurement de *spilite*, *sp*, à vacuoles remplies de calcaire spathique ou d'un carbonate mixte de chaux, fer et ma-

gnésie. Cette roche se présente comme une mince nappe interstratifiée, se liant même intimement avec les dolomies, par une saibande formée d'un mélange intime de la pâte du spilite avec une forte proportion de carbonates mixtes. D'autre part, ce spilite touche au gypse, et du fer oligiste spéculaire se trouve abondamment disséminé au contact, dans le spilite et dans le gypse même.

Une deuxième bande de gypse G², exploitée également dans plusieurs carrières, s'étend parallèlement à la première, le long du même vallon des Combes, et ces deux bandes sont séparées l'une de l'autre par un petit massif de *Lias*, manifestement plié en V. Dans la principale carrière de cette bande, la plus rapprochée du hameau des Combes, le gypse G² montre un pli synclinal des plus nets. Des dolomies *d* et des affleurements de spilite *sp* se montrent au contact du *Lias* avec cette bande G², aussi bien qu'aux flancs de la bande G¹; et même c'est à l'est de la bande G², entre les dolomies D et le Lias L, que le spilite apparaît avec sa plus grande épaisseur, formant un gros coin d'environ 30 mètres d'épaisseur. Ici, le spilite est massif et dépourvu d'amandes spathiques.

Tous ces détails de la disposition des terrains du vallon des Combes, retracés exactement dans notre profil (pl. XVII, fig. 1), concordent évidemment à établir que le gypse et les dolomies sont antérieurs au Lias, c'est-à-dire *triasiques;* et ils me paraissent aussi de nature à montrer que le *spilite* a été épanché, sous forme de nappe interstratifiée, à la fin de la période triasique, ou, au plus tard, à l'époque rhétienne. Les autres gisements de cette roche éruptive, très nombreux dans l'Isère et les Hautes-Alpes, conduisent à cet égard, à des conclusions analogues.

Du vallon des Combes de Champ, la Société s'est dirigée vers Vizille, par le petit col de Saint-Sauveur, en traversant, comme le montre notre profil, un nouveau pli synclinal du *Lias*, sous lequel reparaît, dans la vallée de la Romanche, une nouvelle bande *triasique*, celle des gypses G³, exploités dans les carrières de Saint-Firmin et de la Touche.

Au toit du gypse, se montrent, à la chapelle de Saint-Firmin, des dolomies compactes *d*, comme celle de Champ ; dans les premières couches de calcaire noir *k* qui viennent au-dessus, on aperçoit quelques traces de coquilles bivalves, probablement *rhétiennes*.

Mais surtout la carrière de Saint-Firmin est remarquable par la belle masse d'anhydrite saccharoïde qui en occupe toute la partie inférieure et qui constitue un marbre translucide, un peu bleuâtre, d'un bel effet dans la décoration intérieure. Par les infiltrations d'eau pluviale, l'anhydrite se transforme peu à peu en gypse, et il est facile

de recueillir des échantillons où les deux états du sulfate de chaux se trouvent réunis, sans séparation tranchée.

A Vizille, la Société est montée en voiture pour suivre la route du Bourg-d'Oisans, tracée, dans la gorge de la Romanche, à travers les schistes cristallins de la chaîne des Alpes occidentales ou *chaîne de Belledonne*. Ces schistes cristallins sont généralement très inclinés, plongeant généralement vers l'O.-N.-O., et, sauf quelques dislocations locales, ils montrent une succession très régulière des divers types pétrographiques constitutifs de cette chaîne.

La première partie, entre Vizille et Séchilienne (pl. XVII, fig. 2), est constituée par des schistes onctueux, satinés, dits *talqueux* (schistes à *séricite*, *talcschistes*, *chloritoschistes*). Dans le vallon de Vaulnaveys, un peu au nord de Vizille, ils sont disloqués par de petites failles locales, dans lesquelles sont impliqués, sensiblement en concordance avec eux, des lambeaux de schistes houillers *h*, qui ont pris la structure de vraies ardoises, même de très bonne qualité, mais qui sont parfaitement caractérisés par leurs empreintes végétales, au nombre desquelles je peux citer de beaux exemplaires de *Cordaites* (*C. lingulatus*, Gd'Eury.)

D'autre part, au contraire, sur les tranches de ces schistes cristallins, on voit reposer un couronnement calcaire, formé de couches presque horizontales du Lias *L*. Ce fait, ainsi que plusieurs autres analogues que nous étudierons demain, montre le caractère général des dislocations qui ont affecté les terrains anciens de la *première zone alpine*, et les ont redressés, dans leur ensemble, avec leur inclinaison actuelle, *après la période houillère*, mais *antérieurement aux périodes du Lias et du Trias.*

A partir de Séchilienne (pl. XVII, *fig.* 2), le caractère des roches change brusquement : on pénètre dans l'étroite gorge de Gavet, ouverte, entre des parois abruptes, à travers une énorme épaisseur de *schistes amphiboliques* qui sont la partie la plus résistante de la série des schistes cristallins et constituent, par suite, l'arête culminante et la plus hardiment découpée du massif, celle qui comprend, entre autres, le pic de Belledonne (2,981 mètres), point culminant de la chaîne.

Ces schistes contiennent généralement tous les éléments d'un gneiss amphibolique : quartz, orthose, oligoclase, peu de mica et beaucoup d'amphibole; ils sont pénétrés d'épidote, qui souvent s'y isole en veinules très visibles. Ils passent à des amphibolites schisteuses, dans lesquelles le quartz et l'orthose disparaissent; l'amphibole et l'oligoclase subsistent seuls ou accompagnés d'épidote. Ils sont très souvent traversés de filons et de veines irrégulières, tantôt

granulitiques, d'autres fois dioritiques, que je ne crois pas devoir regarder comme des produits d'injections spéciales et ultérieures, mais plutôt comme des filons de sécrétion, résultant d'une nouvelle cristallisation d'une partie des éléments de la roche dans ses fissures.

Ces *schistes amphiboliques*, du reste, ne sont point absolument séparés des autres types de schistes cristallins. Dans leur partie supérieure, au voisinage de Séchilienne, ils alternent avec des *schistes chloriteux*, et très souvent la chlorite et l'amphibole y coexistent en proportions variables : dans leur partie inférieure, aux approches de Rioupeyroux, ils alternent avec des *micaschistes*. Une course récente que j'ai eu l'avantage de faire avec MM. Potier et Marcel Bertrand, dans les sommités de ce massif, de Vizille à Livet, par le sommet de Chanrousse et le col des Escombailles, nous a permis de constater, sans aucune incertitude, ces alternances très multipliées. Dans la continuation de la chaîne au nord du pic de Belledonne, le grand développement des schistes amphiboliques s'affaiblit de plus en plus, et ils sont remplacés, dans le canton d'Allevard, par des schistes chloriteux et des micaschistes.

On retrouve des faits analogues dans bien d'autres parties des Alpes, par exemple, dans le massif du Simplon, où des micaschistes et de véritables gneiss se rencontrent, dès la partie supérieure de la série et alternent un grand nombre de fois avec les schistes chloriteux ou amphiboliques, le tout avec des allures de stratification tellement régulières et simples que l'on ne peut songer à interpréter ces alternances par des replis multipliés d'une seule série de couches. Il paraît donc bien établi que ces différents types minéralogiques de schistes cristallins ne correspondent pas à des délimitations absolues, mais seulement à des prédominances, dans leur ordre général de succession.

Bien que les roches en place ne soient pas toujours facilement observables au bord de la route, à cause des éboulis et des restes de moraines qui encombrent la gorge, la Société a pu étudier leurs variations de structure et de composition minéralogique, particulièrement après Livet, dans l'énorme cône de déjections amenées par le torrent de Vaudaine. Après la traversée de la Romanche, à la base de la cime de Cornillon, elle a vu prédominer les micaschistes, qui, à partir de là, succèdent, dans l'ordre descendant, aux schistes amphiboliques. Ces micaschistes correspondent à ceux qui, de l'autre côté de la Romanche, succèdent également aux schistes amphiboliques dans la montagne des Chalanches, où les célèbres mines d'Allemont avaient leurs galeries creusées, à l'ouest dans les schistes

amphiboliques, à l'est dans les micaschistes. Le passage à des roches plus tendres est accusé par des formes moins abruptes, des pentes moins raides, couvertes de longs talus d'éboulis. Le cap rocheux que la route tourne, aux Sables, pour entrer dans la plaine du Bourg-d'Oisans, est formé en entier par ces mêmes micaschistes, toujours presque verticaux, et qui cessent brusquement à une coupure abrupte, dirigée du S.-O. au N.-E., et aboutissant à la vallée, près du hameau de Boirond.

A partir de là, comme le montre la coupe (pl. XVII, *fig.* 3), les pentes de la rive droite de la Romanche, dont la route suit le pied jusqu'au Bourg-d'Oisans, sont formées de roches argilo-calcaires noires, appartenant au *Lias*, plus argileuses, en général, que celles que nous avions étudiées le matin, entre Champ et Vizille. Leurs couches sont remarquablement plissées, et leurs contournements se dessinent avec une admirable netteté des deux côtés de la vallée. La *fig.* 3, pl. XVII, tracée, dans la partie gauche, d'après une photographie, et dans la partie droite, d'après un dessin exact, fait sur place, représente, du moins dans tous leurs traits principaux, ces merveilleux plissements, et montre en même temps qu'ils ne se reproduisent pas dans les micaschistes ou les gneiss sous-jacents, toujours stratifiés à peu près verticalement, quelle que soit l'inclinaison du *Lias* en contact avec eux. Cette figure indique également que les couches argilo-calcaires du Lias sont divisées partout, quels que soient leurs contournements et leurs inclinaisons locales, par des diaclases à peu près verticales, continues, donnant lieu à un *feuilletage*, à un *clivage,* qui les transforme en véritables *ardoises*. La Société s'est arrêtée pour étudier ces faits remarquables au débouché de la Lignare, torrent descendant du val d'Ornon, sur la rive droite duquel existe une exploitation assez considérable de ces ardoises liasiques.

Dans les débris de l'exploitation, plusieurs membres de la Société ont pu recueillir des empreintes d'Ammonites, généralement très déformées, et surtout des Bélemnites, ayant encore leur structure radiée caractéristique, mais souvent divisées et tronçonnées par le feuilletage ardoisier, en parties qui ne sont plus sur un même alignement et sont ressoudées entre elles par des filets spathiques.

On a remarqué aussi que les feuillets du clivage ardoisier ne sont pas toujours plans, mais qu'ils sont sujets à devenir courbes à la rencontre des surfaces de stratification, ou à celle des diaclases d'une direction différente, ce qui montre que ces surfaces ou ces diaclases ont été le siège de glissements, après la production du feuilletage ardoisier.

Des deux côtés de la vallée, partout où l'on voit un grande épais-

seur de *Lias*, sans apercevoir au-dessous de lui un soubassement de terrains anciens, le *Lias* se présente plissé et contourné, comme nous venons de l'observer. Mais en arrivant au Bourg-d'Oisans, nous avons vu, des deux côtés de la vallée, surgir un gradin, de plus en plus saillant, de schistes cristallins, sur lequel sont, à l'O., la Gardette et le Villard-Emont (pl. XVII, *fig.* 3), à l'E., la Garde et plusieurs des hameaux d'Huez et d'Auris. De la plaine même, nous avons pu voir très nettement que les couches inférieures du *Lias* s'appuient sur les tranches de ces schistes cristallins, toujours voisins de la situation verticale, ou n'en sont séparées que par une faible épaisseur de *Trias* et quelquefois de *spilites*, comme dans notre profil, à la Gardette et au Villard-Emont. Nous avons pu constater, de loin, ce que l'étude sur place aurait pleinement confirmé, que ces couches inférieures du *Lias* se montrent alors peu inclinées, et même de moins en moins, à mesure qu'on les suit de l'œil, dans les sommités, où l'on voit le *Lias* subsister en couronnements horizontaux sur plusieurs cimes des massifs de schistes cristallins.

Si l'on ajoute que le terrain *houiller*, comme nous en verrons demain des exemples, participe aux allures des schistes cristallins, et que, d'autre part, le *Trias*, quand il existe (et alors généralement peu développé), repose, comme le *Lias*, en discordance sur les tranches des schistes cristallins ou des grès houillers, fortement redressés; — on aura ainsi formulé tous les principes d'après lesquels on peut se rendre compte de la structure de ce que j'ai appelé la *première zone alpine*, ou *zone du Mont-Blanc*, à laquelle appartient toute la longue chaîne des Alpes occidentales ou chaîne de Belledonne, que nous venons de traverser, et les massifs de l'Oisans, celui des Grandes-Rousses, qui se dresse devant nous, à l'est, et celui du Pelvoux, que nous étudierons demain à son extrémité septentrionale.

Depuis longtemps, il m'a paru que l'histoire géologique de cette partie des Alpes pouvait être résumée dans les termes suivants :

Dans toute l'étendue de cette zone, les schistes cristallins et les grès à anthracite furent, *après la période houillère*, mais *avant la période du Trias*, plissés et redressés dans les situations généralement très voisines de la verticale, où nous les voyons aujourd'hui; ils furent corrodés et usés sur leurs tranches, et durent constituer un fond accidenté, comparable, pour son relief, au Plateau Central de la France, et qui ne reçut, comme ce dernier, que des dépôts minces et discontinus de *Trias*, en couches horizontales sur les tranches des terrains anciens. Puis, à la suite d'un affaissement à peu près uniforme, cette même zone fut généralement recouverte d'un dépôt de *Lias*, très épais, concordant avec ce *Trias*.

Plus tard, à une ou même à plusieurs époques qu'il serait peut-être téméraire de vouloir préciser, ont eu lieu, dans cette même zone, de nouvelles dislocations, dont les directions ont été nécessairement influencées par celles des précédentes. Les terrains anciens, schistes cristallins et grès houiller, depuis longtemps consolidés et devenus entièrement rigides, *dans leur ensemble*, par le fait même des énormes pressions qu'ils avaient subies, ne pouvaient plus se prêter à de nouveaux plissements, mais étaient éminemment aptes à être brisés par de grandes fractures, par des *failles* multipliées, et à éprouver aussi des *glissements* suivant les surfaces de stratification, devenues presque partout très inclinées.

Les parties du soubassement de terrains anciens, qui sont ainsi devenues (ou restées) les plus saillantes, constituent nos grands massifs alpins de roches cristallines ; les parties déprimées par les *failles* ou par les glissements, suivant les plans de stratification, constituent les assises profondes des plateaux et des vallées alpines.

Aux altitudes les plus diverses, depuis 3,500 mètres, sous les glaciers du Mont de Lans, jusqu'à bien moins de 1,000 mètres, aux environs du Bourg-d'Oisans, de Vizille et de la Mure (Pl. XVII, fig. 3 et 4), nous trouvons des surfaces plus ou moins étendues où les couches du *Lias*, encore horizontales ou très faiblement inclinées, reposent sur les tranches des terrains anciens à peu près verticaux, ou n'en sont séparés que par le *Trias*, toujours mince, dans les mêmes conditions normales de superposition. Au contraire, sur les pentes, sur les flancs des vallées, le Lias est plissé de la manière la plus compliquée, contrastant par cette allure, comme nous venons de le voir, avec l'inclinaison uniforme des schistes cristallins.

N'est-il pas évident, d'après cela, comme je l'ai indiqué depuis longtemps, que le Lias s'est comporté comme une couverture flexible, s'adaptant, par des glissements et par des plis multipliés, aux dénivellations de son soubassement, disloqué par les failles ? Tout cela, d'ailleurs, ne s'est point fait d'une manière brusque, par des commotions violentes, mais par des mouvements graduels ; et cette considération, jointe à celle de la nature argilo-calcaire des couches du Lias, explique suffisamment comment il s'est prêté à des plis aussi compliqués. En même temps, un terrain aussi épais n'a pu être mis en mouvement sans qu'il en soit résulté des pressions locales énormes, qui, combinées avec les glissements sous l'influence de la pesanteur, rendent bien compte des *diaclases* et du développement du *clivage ardoisier*, toujours d'autant plus marqués que les couches sont plus fortement plissées.

Cette structure, cet ensemble de faits sont caractéristiques de la

première zone alpine en Savoie et en Dauphiné, depuis Martigny, jusqu'aux sources du Drac. Dans les Alpes bernoises, qui appartiennent aussi à cette première zone, ils sont modifiés surtout par un développement beaucoup moindre du *Lias* et l'intervention d'autres étages jurassiques, qui, dans notre région, ne se montrent, en général, que dans les chaînes subalpines.

Quant aux zones alpines plus intérieures, y compris le versant italien, elles diffèrent essentiellement de la *première zone alpine* en ce que les terrains anciens, *schistes cristallins* et *grès houillers*, n'y ont pas été sensiblement disloqués avant le dépôt des terrains secondaires. Toute la série des terrains s'y montre sensiblement concordante et a été affectée simultanément par les mêmes failles ou les mêmes plissements. Il en résulte nécessairement beaucoup plus de simplicité et de régularité dans la structure orographique. Les difficultés d'étude proviennent de l'énorme épaisseur des terrains impliqués dans les mêmes dislocations, et surtout des caractères insolites avec lesquels se présentent plusieurs d'entre eux, le *Trias* particulièrement. La réunion de la Société en Maurienne, en septembre 1861, a fixé les bases de l'étude de cette partie des Alpes, qui est en dehors du cadre de nos excursions dans le cours de la Réunion actuelle.

La discussion est ouverte sur les faits observés dans cette excursion.

M. **Gosselet** fait remarquer que le clivage ardoisier du *Lias* a paru à plusieurs membres de la Société être parallèle aux feuillets des micaschistes ; il demande s'il en est réellement ainsi, sur le point observé, et si ce parallélisme peut être considéré comme le fait normal et habituel.

M. **Jannettaz** appelle l'attention sur une bélemnite qu'il a recueillie aux ardoisières, et qui, se trouvant dans le sens du clivage, a été considérablement étirée et allongée ; c'est un exemple remarquable des phénomènes mécaniques qui ont modifié la structure du *Lias*.

Quant au parallélisme dont a parlé M. Gosselet, et que M. Jannettaz considère comme existant réellement, ce fait peut faire croire à l'origine métamorphique de la structure cristalline de ces schistes.

Rien ne prouve, en effet, que les micaschistes et surtout les schistes à séricite aient été originairement cristallins. M. Jannettaz a signalé. auprès de Laval, des couches appartenant au *Lias moyen*, qui semblent passer à des roches séricileuses. On a d'ailleurs cité bien sou-

vent des faits du même genre, dans les Alpes : par exemple, les schistes à Bélemnites du col de Nufenen, dans le haut Valais. De nombreuses observations démontrent que la pression peut déterminer la cristallisation.

M. **Lory** fait observer, relativement aux schistes cristallins, que le feuilletage et la structure cristalline de ces roches sont, du moins, des faits très anciens, puisqu'on trouve ces roches en cailloux roulés dans les *grès à anthracite;* les célèbres poudingues de Valorsine ont leurs analogues dans le terrain houiller de l'Oisans et de la Mure, et la Société aura l'occasion d'en voir un exemple demain, dans la gorge de la Romanche, en amont du Freney. Ainsi, avant l'époque de la houille, avant d'être plissés et redressés comme nous les voyons aujourd'hui, les schistes cristallins avaient déjà leurs caractères pétrographiques actuels. Il ne faut donc pas chercher à expliquer leur état feuilleté et cristallin, par les dislocations qu'ils ont subies et les pressions qui ont pu en résulter.

Quant au parallélisme entre le clivage ardoisier du *Lias* et les feuillets fortement redressés des micaschistes ou des gneiss, ce parallélisme n'est ni exact ni constant; mais il est facile de comprendre pourquoi il se trouve souvent réalisé d'une manière approximative, par exemple dans l'endroit que la Société vient de visiter. Les *schistes cristallins* et le *grès houiller* ont été disloqués, plissés, redressés, comme nous les voyons aujourd'hui, et usés sur leurs tranches, antérieurement aux dépôts du *Trias* et du *Lias;* il est évident que les dislocations qui se sont produites à des époques plus récentes ont dû s'effectuer, de préférence, parallèlement aux dislocations anciennes, et qu'ainsi les plans des *failles*, dans le soubassement de terrains anciens ont dû souvent coïncider à peu près avec les plans de stratification de ces terrains fortement redressés. Dans la Pl. XVII, fig. 3, le plan de contact des micaschistes et du Lias, à Boirond, est le plan d'une faille; mais il est, en même temps, à peu près parallèle aux feuillets des micaschistes, qui avaient, déjà antérieurement, cette situation. Le clivage ardoisier du *Lias* a été déterminé par les glissements et les pressions résultant de ces dislocations nouvelles; il peut donc souvent, par là-même, et particulièrement dans la localité en question, se trouver parallèle à la position des feuillets du micaschiste, qui est d'une date bien antérieure.

La bélemnite présentée à la Société par M. Jannettaz est un document intéressant au point de vue des actions mécaniques qu'a éprouvées la roche qui la renferme. Avant le plissement du *Lias*, ce fossile était déjà incontestablement solide; il n'a pu s'allonger que

par le fait d'un laminage, opéré sous une très forte pression. D'autre part, ce laminage n'ayant pas fait disparaître les traces de la stratification du Lias, il faut aussi en conclure que ce terrain était déjà lui-même, solide, tout en conservant un certain degré de plasticité.

Il ne faut pas oublier que ce *Lias* avait une très grande épaisseur, qu'on ne peut guère évaluer à moins de 2,000 mètres. Quand une pareille masse de couches argilo-calcaires s'affaissait graduellement sur elle-même pour s'adapter aux inégalités de sa base disloquée, son poids seul a dû donner lieu à des pressions énormes, qui suffisent largement à expliquer toutes les modifications qui en sont résultées dans sa structure, et particulièrement ses plis multipliés et la production du clivage ardoisier.

M. **Renevier** ne croit pas que les schistes cristallins aient pu conserver une inclinaison régulière, uniforme, tandis que les couches du *Lias* se trouvaient ainsi plissées et contournées : par suite, il pense que ce qui est regardé comme la stratification, dans les schistes cristallins, n'est pas autre chose qu'une schistosité déterminée par la pression. Cette schistosité, si fréquemment verticale, n'est qu'une fausse apparence de stratification, qui fait croire à d'énormes discordances entre les terrains cristallins et les terrains calcaréo-schisteux qui leur sont superposés. Dans la coupe même de M. Lory (pl. XVII, fig. 3), la schistosité, à peu près verticale, des gneiss ou des micaschistes est parallèle à la lamination des ardoises et n'est, sans doute, comme elle, qu'un effet de la pression et point du tout la vraie direction de la stratification.

M. **Gosselet** croit devoir formuler des réserves au sujet de cette origine attribuée par M. Renevier à la structure des schistes cristallins.

M. **Lory** fait observer que l'excursion du lendemain permettra d'étudier les mêmes questions dans des circonstances très variées, et fournira, par conséquent, l'occasion de reprendre la discussion dans la prochaine séance.

La séance est levée à 7 heures.

Journées des 9 et 10 septembre.

Dans la journée du 9, la Société a effectué le trajet du Bourg-d'Oisans à La Grave, en étudiant attentivement les faits très impor-

tants et très variés qui se présentent dans cette belle coupe des gorges de la Romanche.

L'arrivée à la Grave, vers 3 heures de l'après-midi, a permis à un certain nombre des membres de faire une excursion au pied du glacier, où ils ont pu observer la superposition anormale de la *protogine* sur le *Lias*, par suite d'une *faille*, comme l'a parfaitement décrite Élie de Beaumont, dans son célèbre mémoire sur les montagnes de l'Oisans.

Dans la matinée du samedi 10, la Société est redescendue, en voiture, au Bourg-d'Oisans, où elle a pu faire encore quelques observations intéressantes sur le nouveau chemin de la Garde. Puis elle s'est remise en route pour rentrer à Grenoble dans l'après-midi.

Séance du 11 *Septembre* 1881, *à Grenoble.*

PRÉSIDENCE DE M. LORY, *puis de* M. PILLET, *vice-président.*

La séance est ouverte à midi et demi dans la salle des cours de la Faculté des Sciences.

M. le maire de Grenoble et un grand nombre de notabilités assistent à la séance.

M. de Lamothe, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance du 7, dont la rédaction est adoptée.

M. L. Carez, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance du 8, au Bourg-d'Oisans, dont la rédaction est adoptée.

M. **Fontannes** présente à la Société un mémoire intitulé : *Note sur la position stratigraphique des couches à Congéries de Bollène*, et donne quelques détails sur les faits principaux étudiés dans ce travail.

M. **Lory** prie M. Pillet, vice-président, de le remplacer au fauteuil, et rend compte des observations faites par la Société dans les journées du 9 et du 10.

Compte rendu de l'excursion des 9 et 10 septembre, du **Bourg-d'Oisans à la Grave**, *et retour*,

par M. **Ch. Lory.**

La Société est partie du Bourg-d'Oisans à 6 heures du matin. En suivant la route, sur la rive droite de la Romanche, elle a pu voir immédiatement, que les caractères des schistes cristallins, de ce côté de la vallée, n'étaient pas les mêmes que sur la rive gauche. Au lieu des micaschistes, passant au gneiss, du profil pl. XVII, *fig.* 3, nous avons trouvé, sur cette rive, des schistes chloriteux et amphiboliques, comme ceux de la *fig.* 2 ; au lieu d'incliner, comme ces derniers, à l'ouest, ils inclinent à l'est, toujours sous des angles de plus de 45°. La vallée du Bourg-d'Oisans représente ainsi, à l'égard des schistes cristallins, une rupture formant un angle aigu (30° environ) avec l'axe d'un *pli anticlinal* de ces schistes ; au contraire, par rapport au *Lias*, elle correspond à une dépression *maxima*, à un *pli synclinal* de ce terrain. C'est une preuve de plus de la discordance complète entre le Lias et les terrains anciens.

Dans ces schistes chloriteux, nous avons remarqué des couches de *stéatite* d'un vert pâle, exploitées, il y a quelques années, par M. Aragon, qui avait préconisé l'emploi de la stéatite en poudre contre l'incrustation des chaudières à vapeur.

C'est dans des conditions analogues, alternant ainsi par couches régulières avec les schistes chloriteux, que se rencontrent les gisements de *stéatite*, peu nombreux sur le versant français, mais bien plus fréquents et plus importants sur le versant italien ; ils sont intercalés, en concordance, dans les schistes chloriteux ou amphiboliques, comme les calcaires saccharoïdes le sont généralement dans les micaschistes.

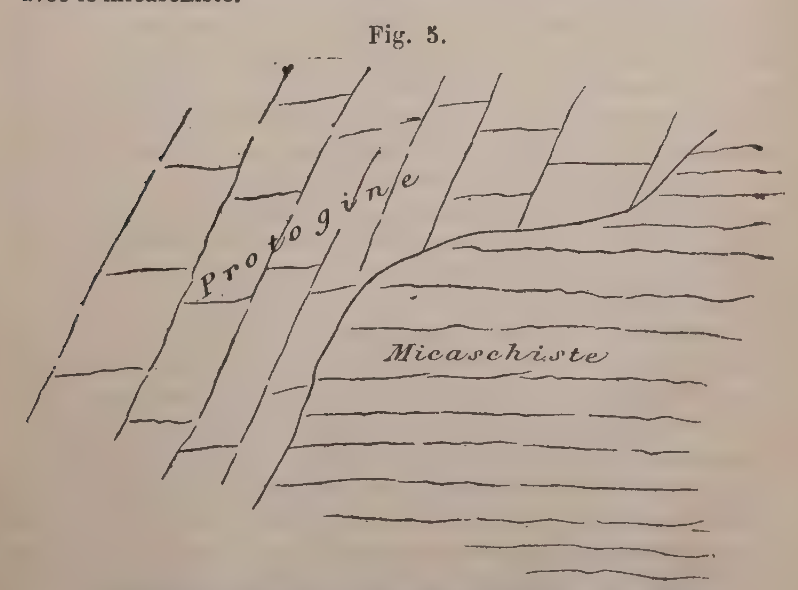
Les schistes cristallins forment un gradin escarpé qui commence sous le village de la Garde, passe sous les deux hameaux d'Armentier, Bas et Haut, et sous le village d'Auris : il supporte un autre gradin, formé de calcaires liasiques en couches peu inclinées, en discordance manifeste avec les roches anciennes.

Arrivés à l'extrémité de la plaine, près du pont Saint-Guillerme, nous avons reconnu, dans l'éperon abrupt de la rive droite, une roche granitoïde, fissurée en divers sens, sans stratification distincte, qui est une variété de *protogine*, signalée depuis longtemps par Élie de Beaumont. Cette roche n'est pas nettement séparée d'avec les schistes cristallins ; elle est, du reste, d'une observation peu facile.

Elle correspond à un bel affleurement de protogine massive, bien typique, qui se montre, de l'autre côté de la vallée, sous la Gardette, (*pl.* XVII, *fig.* 3) et est exploitée, dans le bas, comme pierre de taille. Sur ce dernier point, la protogine paraît plaquée contre les micaschistes, sans qu'on puisse bien positivement affirmer qu'elle y pénètre en filons.

Ayant traversé le pont Saint-Guillerme, la Société a quitté, pour quelques temps, la grande route, pour remonter la rive droite du Vénéon, sur le chemin de Venosc. Ce chemin suit la base d'une berge abrupte, où l'on ne tarde pas à retrouver la protogine intimement associée avec des schistes chloriteux ou amphiboliques, avec lesquels elle paraît alterner en nappes concordantes. C'est alors une protogine à deux feldspaths, orthose rose et oligoclase verdâtre, et dont le mica est fortement imprégné de *chlorite.* Mais en avançant jusqu'à un cap rocheux situé à environ deux kilomètres du pont Saint-Guillerme, on arrive à des micaschistes, dans lesquels la roche granitoïde paraît nettement former des amas transversaux, de véritables dykes. C'est alors un type beaucoup moins chargé de chlorite, contenant du mica bien net et se rapprochant beaucoup plus du type granulitique ordinaire, mais toutefois avec très peu de mica blanc. Les figures ci-jointes montrent quelques détails du contact de cette roche avec le micaschiste.

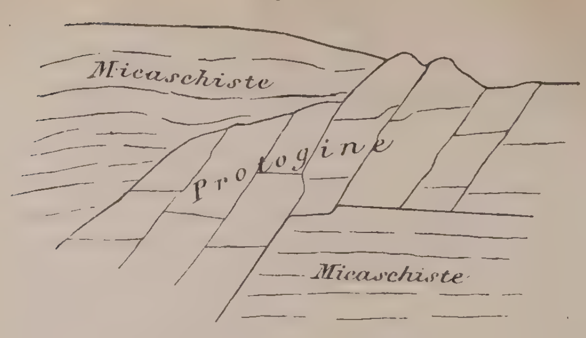
Fig. 5.



Contact de la protogine et du micaschiste, sur le chemin de Venosc, à environ deux kilomètres du Pont Saint-Guillerme.



Fig. 6.



Autre détail du même contact.

Les faits que l'on peut étudier ici facilement, sur un espace très restreint, me paraissent d'accord avec les allures que présente, en grand, la *protogine*, dans les massifs alpins où elle est très développée, par exemple le [Mont-Blanc et le massif du Pelvoux. Au Mont-Blanc, la protogine typique me paraît avoir, comme l'a dit depuis longtemps de Saussure, une disposition *stratiforme ;* elle alterne et est intimement associée avec des schistes chloriteux et amphiboliques. Il en est de même dans la grande arête orientale du massif du Pelvoux, celle qui comprend les hautes sommités de ce massif, la Meidje, les Escrins, et le Pelvoux proprement dit, et alors les divisions stratiformes de cette protogine et les schistes chloriteux avec lesquels elle alterne, plongent uniformément vers l'est. Mais à la base de cette arête, du côté de l'ouest, entre la Bérarde et les Étages, la protogine devient entièrement massive et granitoïde et passe à une granulite massive, qui, aux Étages, se présente comme un gros dyke, en contact, du côté ouest, avec le gneiss plus ou moins granitoïde. Dans les sommités, des deux côtés du Vénéon, de grands lambeaux de gneiss et de micaschistes paraissent être détachés et emportés sur cette grande masse, aux allures franchement éruptives.

Je suis porté à conclure de ces faits, et c'est l'opinion que je soumets à l'appréciation de la Société, que la protogine est bien, dans ses racines, dans la profondeur, une roche granulitique éruptive, postérieure aux gneiss et aux micaschistes, qu'elle coupe nettement, et qui conserve alors, particulièrement quant au mica, les caractères d'une granulite massive ordinaire. Mais dès qu'elle arrive en contact avec les schistes chloriteux ou amphiboliques, elle devient *chloriteuse*, elle prend, particulièrement dans son mica, le type spé-

cial de la protogine, et en même temps elle devient *stratiforme* et alterne avec les schistes chloriteux. J'incline donc à penser que son éruption a été contemporaine de la stratification de ces schistes chloriteux. Il en serait de la protogine, à l'égard des schistes chloriteux, ce qu'il en est de la *serpentine* à l'égard des schistes du *Trias*, dans nos zones alpines intérieures de la Savoie et du Briançonnais. La serpentine peut se présenter à l'état de roche massive, en dykes ou amas transversaux, traversant les terrains anciens; elle est alors, souvent, une *salbande de l'euphotide :* c'est le cas dans nos gisements de l'Isère, au lac Robert, en dessus d'Uriage, et au Serre de la Valdens. Mais, d'autre part, elle se rencontre dans la partie supérieure de notre Trias alpin, en nappes stratiformes, qui alternent en concordance avec les *schistes gris lustrés* et les gypses ou les dolomies qui leur sont subordonnés; elle paraît alors bien nettement contemporaine de la formation de ces dépôts, comme j'ai eu l'occasion d'en montrer récemment un exemple à MM. Potier et Marcel Bertrand, à la descente du Mont-Genèvre, du côté de Cézanne.

Au-dessus de l'escarpement où l'on observe ce contact de la protogine avec les micaschistes, on voit régner une corniche à peu près horizontale, d'où sont tombés de nombreux débris de *spilite.* C'est le bord d'un plateau sur lequel se trouve le petit hameau du Sappey, exactement au même niveau (1,552 m.) que le Villard-Emont, de l'autre côté de la vallée, bâti aussi sur un gradin de *spilite* qui a dû faire partie, évidemment, de la même nappe. Mais, au Villard-Emont, le *spilite* est seul entre le *Lias* et le soubassement de roches anciennes, tandis qu'au Sappey il est associé à des schistes bariolés et des dolomies du *Trias*, recouverts eux-mêmes par le *Lias.*

Ces détails sont encore à ajouter aux preuves qui témoignent partout de l'indépendance et de la discordance de stratification entre les terrains anciens et les terrains secondaires, dans la zone alpine qui nous occupe.

Revenue au pont Saint-Guillerme, la Société a repris la route de Briançon, qui, remontant les gorges de la Romanche de l'ouest à l'est, coupe transversalement tous les accidents stratigraphiques et permet de les étudier dans les circonstances les plus favorables.

La première partie du trajet, dite *Rampe des Commères*, du pont Saint-Guillerme à la Rivoire, traverse une association de schistes chloriteux et de schistes amphiboliques, souvent quartzeux et feldspathiques, comme ceux que nous avions vus, la veille, entre Séchilienne et Livet; mais ces schistes plongent à l'est, ainsi que l'indique notre profil *pl.* XVII, *fig.* 4, et représentent ainsi le versant oriental du grand pli anticlinal des schistes cristallins, dont la chaîne de Belledonne

représente le versant occidental. L'axe de ce pli passerait à peu près par le Bourg-d'Oisans et la vallée d'Allemont, pour aller joindre le cirque des Sept-Laux, que l'on peut considérer comme un type de la disposition des terrains anciens, redressés antérieurement à la période triasique (1).

Dans les schistes cristallins de cette rampe, vers l'escarpement qui domine le contour de la route, après le passage du tunnel, la Carte géologique de la France d'Élie de Beaumont et Dufrénoy indique des affleurements de *porphyre*; je n'ai jamais vu, sur ce point, rien qui puisse y ressembler, à moins que ce ne soit quelques blocs éboulés du *spilite* du Sappey, dont nous parlions tout à l'heure, qui ont pu descendre de ce côté.

En approchant de la Rivoire, on continue de traverser la même succession de schistes amphiboliques et chloriteux, et ils sont en partie masqués, à la surface, par un placage de dépôt glaciaire. A quelques centaines de mètres plus loin, vers un coude de la route, au lieu dit le Garcin, nous avons atteint un petit plateau, bien nettement délimité, dont la surface est formée par un calcaire magnésien compact, en couches horizontales (L, pl. XVII, fig. 4), reposant, en discordance, sur la tranche des schistes cristallins, presque verticaux, qui forment l'encaissement de la Romanche. On retrouve presque partout, en Oisans, des calcaires de ce genre, à la base du *Lias*, quand ce terrain repose immédiatement et dans les conditions normales, sur les tranches des terrains anciens ; souvent ces calcaires sont pétris de débris des roches sous-jacentes, au point de former de véritables brèches : ce sont évidemment les premiers produits du retour de la mer sur un sol accidenté, longtemps resté à sec. Nous avons ici, au bord de la grande route, un spécimen tangible de ce qui se voit beaucoup plus en grand de l'autre côté de la Romanche, pour les assises du *Lias*, à peu près horizontales dans leur ensemble, qui forment le plateau verdoyant d'Auris, et à la base desquelles se dessine l'assise de calcaire magnésien, roussâtre à la surface, formant une corniche bien nette, posée immédiatement sur la tranche des schistes cristallins de la gorge.

De là jusqu'au tournant de la route, au Châtelard, et au commencement de la descente vers la galerie de l'Infernet, on remarque surtout un large placage de dépôt glaciaire, à cailloux striés, reposant sur les roches en place, polies et striées elles-mêmes. Le type des schistes cristallins se modifie de plus en plus et passe aux schistes à séricite, satinés, d'un vert pâle ou d'un gris à peine verdâtre, dans

(1) Voir plus loin le profil n° 11.

les variétés les plus quartzeuses. C'est à cet endroit, où la route décrit une courbe rentrante vers le sud, que se montre la curieuse intercalation de grès à anthracite, signalée depuis longtemps par M. Gueymard et pour laquelle Voltz proposait dès 1830, l'explication par un repli des terrains, complètement refermés sur eux-mêmes. La coupe de cette localité, telle qu'elle est figurée *pl.* XVII, *fig.* 4, est à peu près identique à celle qu'en a donné Sc. Gras (*Ann. des Mines*, 3e série, t. XVI); elle est une nouvelle preuve de l'indépendance et de la discordance complète entre les terrains anciens (*schistes cristallins* et *grès à anthracite*) à peu près verticaux, et le *Lias*, dont les couches inférieures, formées de calcaire magnésien compact, se montrent horizontales sous le village de Bons, et dont l'ensemble des assises, ondulées ou plissées, va former le sol de tous les beaux pâturages du Mont-de-Lans, jusqu'à des altitudes de plus de 2,800 mètres. Au contraire, les grès à anthracite sont concordants avec les schistes dans lesquels ils sont encaissés, ce qui avait conduit Sc. Gras à en conclure qu'ils appartenaient, les uns et les autres, à un même système, et à attribuer ainsi au terrain carbonifère tous les schistes cristallins des Alpes.

Cette localité a été attentivement étudiée par la Société géologique, dans la réunion de 1840, et les procès-verbaux de cette réunion constatent que les géologues les plus autorisés, MM. Gueymard, Émilien Dumas, Alph. Favre se rallièrent à l'explication proposée par Voltz et très nettement développée par M. Coquand (1). Toutefois, on n'avait pas encore, à cette époque, assez d'exemples incontestables d'intercalations analogues, pour qu'il ne restât pas quelque doute sur la valeur de cette explication.

En 1857, j'eus l'occasion de faire connaître cette localité à notre éminent confrère Triger, et notre visite avait lieu à la suite de travaux récents de la route, qui avaient rafraîchi les entailles des schistes cristallins. Nous eûmes la pensée d'en profiter pour relever les variations des caractères pétrographiques de ces schistes, de part et d'autre de la bande de grès, *h*, et nous notâmes ainsi une série de six variétés, en dessous (pl. XVII, nos 1 à 6), qui se retrouvent exactement en ordre inverse, en dessus, (nos 6 à 1), entre la bande de grès et la galerie de l'Infernet (2).

C'était le complément manifeste de la démonstration du repli complet de l'ensemble sur lui-même. Bien que les circonstances soient aujourd'hui moins favorables pour l'observation, la Société a

(1) *Bull.* 1re série, t. XI, p. 410.
(2) *Bull.* 2e série, t. XV, p. 14.

pu encore relever des indications pétrographiques suffisantes, pour n'avoir aucun doute sur cette symétrie exacte de la série des schistes, de part et d'autre de la bande de grès. Ici, la concordance entre le grès houiller *h* et les schistes sériciteux ou chloriteux est telle, qu'il est assez difficile de fixer rigoureusement, au simple aspect des roches, la limite précise des deux terrains. C'est le cas ordinaire dans le massif des Grandes-Rousses et généralement sur le versant oriental de la *première zone alpine*, tandis que, sur son versant occidental, par exemple aux environs de la Mure, il y a souvent, comme dans le Plateau Central, des discordances bien sensibles, entre le terrain houiller et les schistes cristallins sous-jacents.

Les deux côtés de la bande houillère *h* sont formés de grès d'un gris foncé, quartzeux et micacés, à grains moyens, non charbonneux; ils enferment dans leur repli une assise de grès schisteux noirs, contenant des empreintes végétales assez abondantes, et une petite veine d'anthracite. Nous avons vu, en dessus et en dessous de la route, deux entrées de galeries ouvertes dans ces couches, où plusieurs membres de la Société ont pu recueillir des empreintes végétales, surtout des *Calamites* et des *Annularia*, ayant généralement l'enduit micacé spécial bien connu des empreintes de Petit-Cœur et autres localités alpines.

En jetant les yeux sur la pente de la montagne qui s'élève au nord de la Romanche, on voit très nettement la bande de grès houiller *h* se continuer dans la direction du nord, dominée, à l'est, par le massif des schistes cristallins *renversés* qui la recouvrent en surplomb ; mais à l'ouest, les schistes cristallins en position normale disparaissent bientôt sous une couverture de *Lias*, ayant même, à sa base, des schistes bariolés et des dolomies du *Trias*, qui viennent ainsi s'appuyer directement sur les tranches du grès houiller. Cette allure des terrains, bien visible de la grande route, se poursuit jusqu'au col du Cluy, d'où la bande de grès houiller *h*, continue, en traversant la gorge de la Sarrène, aux granges du Gua, et s'élève, de là, toujours suivant la direction du nord, dans le ravin de Combe-Charbonnière, où l'on exploite, pour la consommation locale, une belle couche d'anthracite compacte, souvent à cassure conchoïde. Cette même bande *h*, s'élargissant sensiblement, passe sous la cime de l'Herpia, extrémité sud de l'arête des Grandes-Rousses, et continue jusqu'à l'est du lac Blanc, où elle se perd sous les glaciers. La coupe donnée plus loin (p. 662, fig. 10) représente cette disposition, tout à fait analogue, comme on le voit, à celle que nous venons d'étudier sur la rive gauche de la Romanche.

Les schistes cristallins que l'on rencontre au delà de la bande

houillère *h* sont, comme nous l'avons dit tout à l'heure, les mêmes, en ordre inverse, que ceux que nous avions rencontrés en deçà (Pl. XVII, fig. 5, n°s 1 à 6, à gauche, 6 à 1, à droite) ; l'ensemble de ces schistes et du grès houiller *h* est donc bien manifestement replié sur lui-même. Après la galerie de l'Infernet, creusée principalement dans les n°s 2 et 1, on retrouve les schistes chloriteux ou amphiboliques, plus ou moins feldspathiques, comme à la Rivoire, inclinés toujours dans le même sens, jusqu'au Freney.

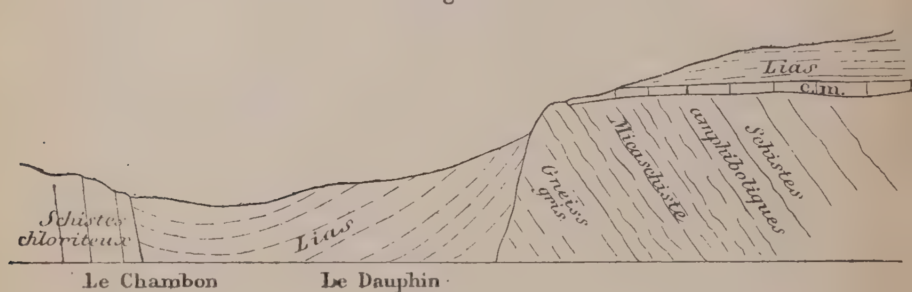
En amont du Freney, la route entre de nouveau dans une gorge étroite et est taillée, au bord même de la Romanche, dans des schistes qui reproduisent exactement les caractères de ceux du Châtelard, en dessous du grès houiller. Ils préludent en effet à l'apparition d'une nouvelle bande houillère *h*, un peu plus large même que la précédente, mais formée de grès plus grossiers et sans indice de couches charbonneuses. A sa limite orientale, elle nous a montré un conglomérat grossier, formé de cailloux roulés de schistes cristallins, ayant parfois plusieurs décimètres de grand axe, fortement comprimés et agglutinés : c'est le type classique des *poudingues de Valorsine*. Cette deuxième bande de grès houiller indique clairement que l'ensemble des schistes cristallins, compris entre elle et la précédente, représente un pli anticlinal complètement refermé et légèrement renversé vers l'ouest. Cette bande est aussi dirigée nord-sud, mais elle ne présente pas la continuité remarquable de la première : elle s'amincit et disparaît à peu de distance au sud de la Romanche, et au nord, elle se cache sous un énorme talus d'éboulis, au-dessus duquel on ne la voit pas reparaître. Ce n'est qu'à quelques kilomètres plus au nord, sur le prolongement de la même direction, que l'on retrouve un lambeau considérable de grès houiller, appliqué sur le versant oriental des Grandes-Rousses, comme le montre la coupe que nous donnons plus loin (fig. 10). Ce gisement comprend des grès fins *h*, avec une couche d'anthracite, et des poudingues grossiers, très développés, formant le versant oriental de la roche dite le *Château-Noir*.

Au delà de la bande houillère *h* du Freney, il y a encore un retour de schistes cristallins ; mais ils ne forment qu'un paquet de médiocre épaisseur, avec des inclinaisons très variables, qui ne permettent pas de les considérer comme ramenés par un pli synclinal régulier. Il en est de même dans la coupe des Grandes-Rousses (fig. 10). Ce paquet de schistes chloriteux et amphiboliques est relevé irrégulièrement au bord de la grande faille qui limite à l'est le massif des Grandes-Rousses.

Par suite de cette faille, après le petit tunnel du Chambon, nous

sortons des terrains anciens, et nous traversons, sur une largeur de 2 kilomètres 1/2, la bande de *Lias* qui s'appuie sur le versant nord-ouest du massif du Pelvoux. Les conditions de contact entre le Lias et les schistes cristallins sont ici exactement analogues à celles de la vallée du Bourg-d'Oisans. Horizontales ou ondulées sur les plateaux de Riftord et des Prés de Paris, où elles reposent sur les tranches des schistes cristallins, les couches du *Lias* se sont affaissées, en faille, suivant une fracture de ces schistes, au bord de la grande coupure transversale que nous suivons, comme le représente la figure ci-dessous (fig. 7).

Fig. 7.



Rive droite de la Romanche, au débouché de la gorge de Malaval. — *c.m.* Calcaire magnésien, à la base du Lias, à peu près horizontal, sur le plateau des Prés de Paris.

Comprimées ainsi entre les deux massifs cristallins, les couches du Lias ont pris ici, comme au Bourg-d'Oisans, par la double influence du glissement et de la pression, un clivage ardoisier à peu près vertical, qui donne lieu à une exploitation d'ardoises, en face du Dauphin.

Nous entrons maintenant dans la gorge de Malaval, profonde coupure transversale de dix kilomètres de long, dans l'extrémité nord du massif du Pelvoux. La direction de cette coupure est à peu près E.-O., à travers des schistes cristallins dirigés, en moyenne, vers le N.-N.-E. Ces schistes présentent des inclinaisons variables, toujours plus voisines de la verticale que de l'horizontale, mais plongeant tantôt vers l'est, tantôt vers l'ouest. Elles me paraissent pouvoir se coordonner en trois plis très aigus : un pli synclinal à chaque extrémité de la gorge et un pli anticlinal, vers son milieu, en amont de la cascade de Riftord ; ce dernier correspondrait à la saillie maxima des schistes cristallins dans le plateau des Prés de Paris.

Les roches ramenées par ces trois plis sont principalement, sur la

plus grande partie du parcours, des schistes amphiboliques et des schistes chloriteux, plus ou moins feldspathiques, analogues à ceux que nous avions étudiés en quittant la plaine du Bourg-d'Oisans. On y voit souvent, comme l'a indiqué Elie de Beaumont (1), de petits filons, à bords très nets, d'une protogine à petits grains, qui empâtent des fragments anguleux du gneiss chloriteux encaissant, ou de petits filons, composés d'oligoclase et d'amphibole, traversant, de même, en tous sens, les schistes amphiboliques. Ces veines granulitiques ou dioritiques me paraissent, d'après leurs allures, n'être que de simples *filons de secrétion,* au même titre (mais non pas de même âge) que les veines spathiques dans les calcaires du *Lias.*

Des micaschistes et des gneiss proprement dits apparaissent, sous ces schistes chloriteux ou amphiboliques, des deux côtés du pli synclinal occidental : ce sont les premières roches cristallines que nous avons rencontrées, plongeant vers l'est, en quittant le Lias, après le pont du Dauphin, comme l'indique le profil ci-dessus (fig 7); et nous les avons retrouvées en amont de la cascade de Riftord, formant le noyau du pli anticlinal médian.

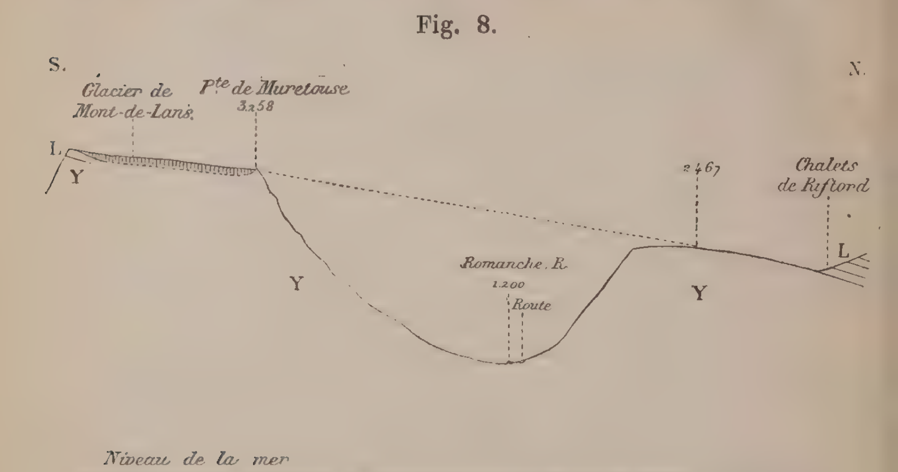
Cette gorge est remarquable par l'aspect grandiose de ses parois escarpées, taillées dans les schistes cristallins, s'élevant, vers le milieu de sa longueur, jusqu'à 1,200 mètres au-dessus du thalweg, sur la rive droite, et à plus de 2,000, sur la rive gauche. Elle fait naître l'idée d'une grande fracture restée béante. « La production de » ces grands escarpements, disait Elie de Beaumont, ne peut être » résultée que d'un événement de dimensions colossales, comparativement aux événements dont nous sommes journellement les » témoins. L'état presque stationnaire dans lequel se trouve aujourd'hui la Combe de Malaval ne peut guère se concevoir que comme » la limite d'un état de choses qui a commencé par une secousse » capable de rompre la croûte du globe sur une grande épaisseur, » d'en élever une des parties de mille mètres plus haut que l'autre, » de fendiller les parties latérales jusqu'à une certaine distance et » d'en provoquer par là l'éboulement graduel. »

Dans ces impressions que l'éminent géologue exprimait d'une manière si saisissante et auxquelles n'ont point échappé ceux qui sont venus après lui, il faut faire la part des illusions auxquelles on est inévitablement en proie, dans les pays de grandes montagnes, quand on ne peut pas les corriger à l'aide de cartes topographiques précises. La carte de l'Etat-Major, à courbes de niveau, permet aujourd'hui d'établir le profil ci-dessous.

(1) *Annales des mines,* 3e série, t. V, p. 10.

Ce profil (fig. 8) montre que le plateau de Riftord, au nord de la Romanche, se raccorderait, par une pente très modérée (17 p. 0/0), avec le haut plateau, moins incliné encore, que recouvre, au sud de

Fig. 8.



Coupe transversale de la gorge de Malaval, à 1,600 mètres en amont de la limite des deux départements (Isère et Hautes-Alpes). — Échelle $\frac{1}{80.000}$. — L, lias, très peu incliné; Y, schistes cristallins, presque verticaux; la coupe ne faisant avec leur direction qu'un angle d'environ 20°, il n'a pas été possible de figurer leurs inclinaisons.

la gorge, le vaste glacier du Mont-de-Lans. Au bord supérieur de ce plateau, dans la tranche abrupte qui regarde Saint-Christophe, on aperçoit plusieurs lambeaux de *Lias*, L, qui se rattacheraient ainsi, par une pente douce et continue, avec le *Lias* très épais, pareillement incliné, sous lequel les schistes cristallins disparaissent, au nord, à partir des chalets de Riftord. Cela suffit pour rendre très peu probable l'hypothèse d'une dénivellation brusque de mille mètres; et nous nous trouvons encore en présence d'un de ces faits caractéristiques de la structure de l'Oisans, qui nous montrent partout les terrains secondaires horizontaux ou faiblement ondulés sur les hauteurs, ici jusqu'à 3,500 mètres d'altitude, sous les névés du Mont-de-Lans, tandis qu'ils sont si bouleversés et si contournés sur les flancs des vallées.

On serait même tenté, à l'aspect de ce profil, de se demander si la gorge de Malaval n'est pas une simple vallée d'érosion. Ce serait une autre opinion extrême que je ne crois pas non plus être fondée. En effet, en amont de cette gorge, à La Grave, au Villard-d'Arène, le

cours de la Romanche est creusé dans un vaste bassin de *Lias*, qui s'élève à des niveaux bien supérieurs à celui des chalets de Riftord. Si le thalweg avait été établi par l'érosion seulement, il se serait maintenu dans ce terrain peu consistant, en tournant complètement la saillie de schistes cristallins. Pour déterminer son cours rectiligne et sa pente, tels que nous les voyons aujourd'hui, il a fallu nécessairement une fracture préalable, une cassure transversale, que les eaux n'ont guère fait que *déblayer*, en provoquant l'écroulement et en effectuant l'ablation progressive des parties disloquées vers ses deux parois.

Telle est, à mon sens, l'origine et l'histoire de toutes nos grandes *coupures transversales* des Alpes, à parois abruptes, taillées dans des roches dures. J'ai fait voir, par de nombreux exemples (1), qu'elles étaient en relation intime avec les dislocations géologiques, avec les causes qui ont agi dans le redressement des couches, les failles et les plissements. Ces fractures préalables ont déterminé les directions des cours d'eau : leurs parois, leurs pentes ont pu être souvent modifiées par des phénomènes d'érosion dont on reconnaît, en divers lieux, des traces positives ; mais ce ne sont là que des phénomènes de détail, de façonnement, et non l'origine même des vallées alpines.

Les lambeaux de *Lias* peu épais, en couches très peu inclinées qui subsistent sur une grande partie de l'arête culminante du glacier du Mont-de-Lans, à des altitudes de 3,200 à 3,500 mètres, entre le pic de Jandri et le pic de la Grave, sont des témoins remarquables de la faiblesse des érosions sur les hautes cimes, quand elles présentent la configuration de plateaux. Là, en effet, il n'y a érosion ni par l'eau courante, ni par le frottement des glaciers : une nappe permanente de névé garantit les roches contre les variations de la température extérieure ; l'eau n'agit guère que par dissolution ; et si la surface du plateau est revêtue de couches très peu perméables, comme le sont celles du *Lias* de l'Oisans, cette couverture garantit, à son tour, les schistes cristallins sous-jacents contre les infiltrations de l'eau entre leurs feuillets à peu près verticaux. La montagne conserve alors sa forme tabulaire, tandis qu'ailleurs nous la voyons se déchiqueter en arêtes ou en aiguilles, dont la dégradation est incessante.

Dans la partie supérieure de la gorge de Malaval, la Société s'est arrêtée pour donner un coup d'œil à la *mine du Grand-Clos*, qui est le gîte de plomb le plus important de nos massifs anciens du Dauphiné. Le gîte, sur la rive droite de la Romanche, consiste principalement en deux filons ; le principal, celui de Pisse-Noire, présente

(1) *Annuaire du Club Alpin français*, 4e année, 1877.

une puissance moyenne de deux mètres, et celui de Javanelle, un peu plus à l'ouest, n'est peut-être qu'une ramification du premier.

Le minerai est de la *galène*, à facettes moyennes, très peu argentifère; la gangue est généralement de quartz, quelquefois aussi de calcaire spathique. Les filons sont remarquables par la netteté avec laquelle ils se dessinent en affleurement sur une roche abrupte, de cinq à six cents mètres d'élévation, formée de gneiss chloriteux dont ils coupent obliquement les feuillets : ils plongent de 60 à 70° vers l'est. En face, au sud de la Romanche, on aperçoit l'affleurement d'un autre filon, celui de Fèche-Ronde, épais de $0^m,30$ à 1 mètre, de même nature et de même inclinaison que celui de Pisse-Noire, dont il est probablement le prolongement : ce filon se suit sans discontinuité jusque sous les glaciers qui couronnent les hauteurs, à plus de mille mètres au-dessus de la rivière. Il est impossible, a dit de Beust (1), de voir un plus bel exemple de la continuité des filons, dans le sens de la hauteur.

Peu de temps après, la Société arrivait à l'issue supérieure de la gorge; sur la gauche de la belle cascade des Fraux, elle voyait les schistes cristallins (gneiss chloriteux et schistes amphiboliques, alternant ensemble), inclinés de 70° vers l'O.N.O., recouverts, sur leurs tranches, à une faible hauteur au-dessus de la route, par le *Lias* horizontal. Les conditions de cette superposition, décrites depuis longtemps, avec la plus grande précision par Élie de Beaumont (2), ne peuvent pas laisser le moindre doute sur le redressement des schistes cristallins avec *toute* leur inclinaison actuelle, et sur l'usure de ces schistes sur leurs tranches, pendant de longues périodes, antérieurement au dépôt du *Lias*. Celui-ci présente, à sa base, un banc de *grès*, renfermant souvent des débris roulés des roches sous-jacentes, puis, sur 10 mètres environ, plusieurs bancs de calcaires grenus, plus ou moins magnésiens, contenant quelques débris de fossiles ; et bientôt, des schistes argilo-calcaires noirs, remplis de Bélemnites, sur lesquels s'appuie une énorme succession d'assises de même nature, doucement et uniformément inclinées vers le nord-est.

C'est en montant à travers les assises inférieures de cette belle série du *Lias*, que nous sommes arrivés à la Grave. Bientôt après, continuant à suivre la route sur environ un kilomètre, nous avons traversé le premier tunnel, et nous sommes arrivés au passage du torrent de Goléon ; remontant sur la rive droite, pour nous diriger

(1) *Kritische Beleuchtung der Wernersche Gangtheorie.*
(2) *Ann. des Mines,* 3e série, t. V, p. 44.

vers les Hières, nous sommes revenus vers la Grave, par le hameau de Ventelon. Cette petite excursion nous a montré, sur une grande épaisseur, le *Lias*, uniformément incliné, sans plissements ; et il en est de même dans toute l'étendue de la vaste pente occupée par les divers hameaux et les pâturages de la Grave, comme le témoignent très bien des coupes naturelles, visibles à distance. Ce n'est que beaucoup plus haut, à la base des hautes crêtes du Goléon et des Trois-Évêchés, que cette régularité d'allures cesse, au bord d'une *faille*, qui fait apparaître le *Trias*, avec gypse, dolomies et *spilites*, recouvert par un autre gradin de *Lias*, bien moins épais, que surmonte, à son tour, un puissant étage de grès et de schistes argileux. Ce dernier terrain, qui constitue les hautes cimes, se continue directement, au N.O., avec la crête des Aiguilles d'Arves, et comprend le célèbre conglomérat dont sont formés ces pics d'un aspect si étrange.

Ces grès des Aiguilles d'Arves, du Goléon et des Trois-Évêchés avaient été confondus par Élie de Beaumont avec les *grès à anthracite*, et leur position incontestable au-dessus du *Lias* était un des principaux arguments de son opinion sur l'âge du terrain à anthracite des Alpes. Ils renferment, en effet, quelquefois, de petits filets de charbon, mais on n'y a trouvé aucune empreinte végétale attribuable au terrain houiller. La Société sait comment la question de l'âge de ces grès a été résolue par la découverte d'un gisement de *Nummulites* dans leur prolongement, entre Saint-Jean de Maurienne et Saint-Michel ; cette donnée et celle des fossiles de l'*Infrà-lias*, dans la même partie de la Maurienne, ont conduit, bientôt après, à la solution définitive de la question des *grès à anthracite* (1).

Pendant que la plupart des membres de la Société faisaient cette petite tournée, ils pouvaient suivre de l'œil plusieurs de nos confrères qui s'étaient dirigés de l'autre côté de la Romanche, vers la base du beau glacier de la Grave, qui descend de la Brèche de la Meidje.

C'est au bas de ce glacier, à l'extrémité de sa moraine orientale, que commence à se montrer ce contact anormal, dans lequel la *protogine*, formant les masses abruptes de la Meidje, du Pic de l'Homme, etc., semble s'appuyer en surplomb sur les calcaires du *Lias*, suivant une surface irrégulière, inclinée, en moyenne, de 60 à 70°. Ce fait remarquable s'observe sur une longueur de 3 kilomètres, jusqu'en face du Villard-d'Arène. Élie de Beaumont l'a reconnu en premier lieu, en 1827, au S.S.O. de ce village, et plus tard, en 1830, avec Brochant de Villiers et Dufrénoy, tout près de la moraine orien-

(1) Voir les procès-verbaux de la Réunion extraordinaire à Saint-Jean-de-Maurienne, en 1861. *Bull.*, 2e série, t. XVIII.

tale du glacier de la Grave, sur un point probablement assez voisin de celui où nos confrères ont pu eux-mêmes le constater.

Il serait difficile d'ajouter rien d'essentiel à la description si précise que l'illustre géologue a donnée de ce curieux exemple de contact anormal et des faits analogues qu'il a signalés en d'autres parties du pourtour de la moitié orientale du massif du Pelvoux, aux environs de Vallouise et de Champoléon. Il est essentiel de rappeler qu'il les a expliqués par des *failles*, et qu'il n'a jamais eu la pensée de les interpréter, comme quelques géologues étaient portés à le faire, par un épanchement éruptif de la protogine, à l'état pâteux, à travers et par-dessus les calcaires du *Lias*.

« Le massif, dit-il, paraît terminé de plusieurs côtés par des *failles*,
» qui séparent seules les roches *primitives* des couches *secondaires* qui
» se trouvent à la même hauteur... La production de ces failles est
» évidemment en rapport avec certains gisements où l'on voit, avec
» autant d'évidence que de surprise, les roches dites *primitives*,
» s'engager dans les roches de sédiment, ou même les recouvrir.....
» La manière dont les roches *primitives*, dans ces localités, s'appuient
» sur les couches jurassiques, un peu altérées près du contact, la
» forme largement arrondie des surfaces suivant lesquelles elles
» s'appliquent sur elles, la variation que présente leur propre grain
» près de ce même contact et la forme hardie et abrupte des som-
» mités qu'elles constituent, se réunissent pour donner la preuve et
» la limite de l'état de mollesse ou de refroidissement imparfait dans
» lequel elles se trouvaient encore, lorsqu'elles sont venues occuper
» la place dans laquelle nous les voyons (1). »

Sur le point où ils ont abordé le contact, nos confrères ont vu les calcaires liasiques, au voisinage de la *protogine*, devenir grisâtres, plus compacts, grenus ou un peu cristallins et enfin bréchiformes. Ce sont des modifications qui se manifestent fréquemment dans les roches disloquées, au bord des *failles*, même quand elles ne mettent en contact que des roches très peu différentes, les unes et les autres calcaires. La fréquence relative avec laquelle on observe, dans ces couches du *Lias*, des Bélemnites et des Ammonites, qui paraissent être les mêmes que celles des prés de Riftord ou de la corniche de la cascade des Fraux, c'est-à-dire des assises liasiques des plus inférieures de la localité, peut faire penser que le Lias est ici *renversé sur lui-même*, au bord de la faille. Ce serait la même disposition que celle qui se montre à la lèvre inférieure des failles de la Chartreuse et du Grand-Som (ou d'Entremont), dans la coupe pl. XVI, fig. 4.

(1) *Ann. des Mines*, 3e série, t. V, p. 40 et 60.

Quant à la *protogine*, les modifications qu'elle présente au voisinage du contact ne sont généralement appréciables que sur de très faibles épaisseurs ; elles consistent en une désagrégation ou décomposition partielle, un état plus ou moins bréchiforme, avec des imprégnations de silice ou de carbonate de chaux, et souvent aussi de minéraux de filons, barytine, minerais de fer, de plomb ou de cuivre, qui ont pénétré en même temps les calcaires du *Lias*. Elie de Beaumont a bien cité, sur le point qu'il a étudié en 1830, une modification du grain de la roche près du contact, qu'il était porté à considérer comme une preuve de l'état imparfaitement consolidé dans lequel se serait trouvé la protogine, lorsque la faille l'a fait surgir des profondeurs du sol, pour la mettre ainsi en surplomb sur le *Lias*. L'échantillon que notre confrère M. G. Fabre a détaché au contact même, est également une protogine à petit grain. Mais il convient de remarquer que la protogine est généralement une roche bien plus variable dans sa texture que les vrais granites, et que, même dans les parties centrales de ses plus grands massifs, à la Bérarde, ou en Vallouise, comme au Mont-Blanc, elle varie très souvent de grain et devient même, par places, plus ou moins schistoïde; ces variations sont en rapport avec sa disposition stratiforme en grand. Depuis que j'ai pu étudier les phénomènes de contact dont il s'agit, dans les mêmes localités qu'Élie de Beaumont, et surtout dans une autre très favorable à cet égard, que je me propose de signaler tout à l'heure à l'attention de la Société, il m'a paru qu'il n'était guère possible de voir, dans ces variations accidentelles de texture de la protogine, des preuves d'un métamorphisme de contact, ni d'en conclure que la consolidation de cette roche n'était devenue complète qu'à une époque postérieure à la période du Lias.

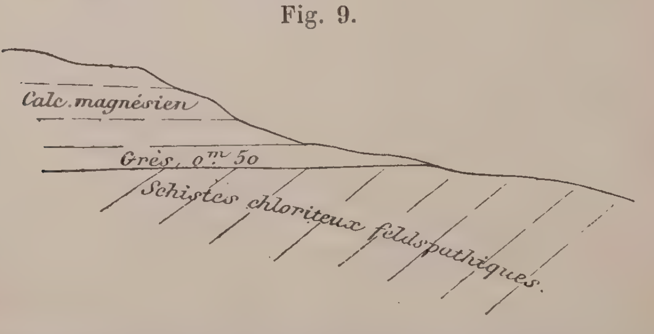
La moraine orientale du glacier de la Grave est toute formée de *protogine;* nos confrères y ont recueilli de nombreuses variétés de cette roche et des échantillons de *sulfure de molybdène*, qui s'y rencontre fréquemment en petites veinules. Au contraire, la moraine occidentale du glacier est formée de gneiss et de micaschistes. Cette différence est en rapport avec la continuation de la *faille* qui a produit les contacts anormaux dont nous venons de parler.

La crête abrupte qui domine le glacier à l'est et qui se rattache directement à la haute sommité de la Meidje (3,986 mètres), est formée de *protogine granitoïde*, montrant, en grand, une disposition stratiforme, à peu près verticale, ou plongeant vers l'est. C'est l'extrémité nord de la grande arête de *protogine* à laquelle appartiennent les plus hautes sommités du massif, la Meidje, les Escrins et le Pelvoux. De la Grave même, on distingue nettement que, de l'autre

côté du glacier, l'allure des roches est toute autre : ce sont des *gneiss* et des *micaschistes* plongeant à l'ouest, comme ceux que nous avions traversés en dernier lieu, à la cascade des Fraux. La *faille*, qui est en même temps un axe anticlinal, passe à la Brèche de la Meidje, et de là se dirige vers le S.S.O. et vient traverser la gorge du Vénéon un peu à l'O. des Étages, séparant toujours la *protogine*, plongeant à l'est, d'avec le *gneiss*, plongeant à l'ouest.

La Société est repartie de la Grave le 10 au matin, et est arrivée au Bourg-d'Oisans à dix heures. Elle a profité d'un temps d'arrêt pour visiter encore un point de contact du *Lias* avec les schistes cristallins, mis à découvert par les travaux du nouveau chemin de la Garde. La coupe ci-jointe (fig. 9) montre les conditions de ce contact. Sur les

Fig. 9.



Contact de la base du Lias (calcaire magnésien) avec les tranches des schistes chloriteux. — Chemin neuf du Bourg-d'Oisans à la Garde.

tranches des schistes chloriteux feldspathiques, plongeant à l'est, sous un angle de 50 à 60°, repose d'abord un lit de grès grossier, épais de 0m50, formé de débris de roches cristallines et contenant beaucoup de cailloux roulés de quartz, de 1 à 3 centimètres de diamètre. Il est recouvert par plusieurs lits de calcaires magnésiens compacts, gris, passant, par altération, à une teinte ocreuse. Ces couches plongent au nord-est, sous un angle de 35°. Ce sont les conditions normales de la superposition discordante des couches inférieures du *Lias* sur les tranches des schistes cristallins, telles que nous les avions vues sur plusieurs points, en allant à la Grave, et telles qu'Élie de Beaumont les a si bien décrites à la corniche de la cascade des Fraux.

Si nous avions continué à suivre ce contact jusqu'à l'église de la Garde, nous aurions vu reposer sur ces calcaires magnésiens toute l'épaisse série des schistes argilo-calcaires du *Lias*, se continuant de là vers Auris. Si nous étions montés de la Garde à Huez, nous aurions

vu, après un ressaut des schistes cristallins, les mêmes conditions de superposition se reproduire, à 700 mètres au-dessus de la vallée, sur le plateau d'Huez, dont les beaux pâturages sont sur le *Lias*. Ces pâturages sont limités à l'est par l'escarpement abrupt des Petites-Rousses, résultant d'une grande faille à laquelle sont subordonnées plusieurs autres petites failles parallèles, déterminant autant de gradins étagés. Sur chacun de ces gradins, jusqu'au dernier, où se trouve le lac Blanc, à l'altitude de 2,420 mètres, on rencontre des lambeaux de calcaires magnésiens de la base du *Lias*, à peu près horizontaux, posés en discordance sur les tranches des schistes cristallins. La coupe donnée plus loin (fig. 10), met en évidence cette disposition, signalée depuis longtemps dans le Mémoire de M. Dausse (1), et qui offre encore des preuves multiples de la *discordance générale* entre les *terrains secondaires* et les *terrains anciens*, dans toute la *première zone alpine*.

La Société est remontée en voiture au Bourg-d'Oisans et est rentrée à Grenoble dans l'après-midi.

Après ce compte rendu, le Président déclare la discussion ouverte.

M. **Jannettaz**, revenant sur les observations qu'il avait déjà présentées dans la séance au Bourg-d'Oisans, expose qu'il lui paraît difficile de comprendre la fissilité des calcaires argileux du Lias, par un simple affaissement en bloc dans une ouverture ménagée par les failles, ainsi que paraît l'admettre M. Lory; le clivage ardoisier est parallèle aux feuillets des micaschistes; dans ce plan de clivage, la chaleur se propage plus facilement que dans le sens perpendiculaire, ce qui indique une modification profonde dans la structure moléculaire.

M. Jannettaz rappelle qu'il a observé aux environs de Laval (Mayenne), des schistes carbonifères, qui, à l'époque de leur dépôt, devaient être de simples argiles : examinés au microscope, ils se montrent entièrement cristallins. Ils forment une voûte, au sommet de laquelle les couches sont horizontales; la schistosité y est verticale, et, par suite, presque parallèle aux couches sur les flancs de la voûte. Or, non seulement, la pression a développé la schistosité en grand, mais encore une disposition feuilletée intime : les couches du sommet de la voûte, étudiées au microscope, sont formées de fines membranes verticales cristallines dans lesquelles les cristaux ont des directions quelconques. La pression a donc eu pour résultat de développer non seulement le clivage ardoisier, mais aussi la cristallisation intime dans la roche. On peut donc s'expliquer par la pression

(1) *Mém. de la Soc. Géol.*, 1re série, t. II.

l'origine de roches actuellement cristallines, qui auraient été primitivement sédimentaires. Il convient de tenir compte de ces faits qui semblent de nature à expliquer le parallélisme du feuilletage des schistes cristallins avec le clivage ardoisier des calcaires argileux du *Lias*.

M. **Renevier** dit qu'il est heureux de constater l'accord des résultats obtenus par M. Jannettaz, à l'aide de l'expérimentation et de l'étude microscopique, avec les idées auxquelles il est lui-même arrivé par l'étude sur le terrain.

Les plissements, la lamination ardoisière, le développement de la cristallisation dans des roches sédimentaires sont des effets d'une même cause commune, la pression latérale, ou mieux la *contraction horizontale* de l'écorce terrestre. La lamination des ardoises du Bourg-d'Oisans, si nettement transverse à la stratification, est certainement due à cette cause générale. Suivant la partie du pli sur laquelle on observe la lamination, celle-ci peut être transverse, oblique ou parallèle à la stratification, parce qu'elle est toujours normale à la direction de la pression.

C'est encore à la même cause générale que l'on peut attribuer le *métamorphisme régional* qui existe toujours plus ou moins intense dans les Alpes. Ainsi, dans les Alpes vaudoises, on trouve des schistes de l'*Oxfordien moyen*, avec des Bélemnites tronçonnées ou écrasées, qui ne sont pas toujours orientées suivant les clivages de la roche, c'est-à-dire les plans normaux à la pression. En se rapprochant des parties plus centrales des Alpes, les fossiles s'effacent, disparaissent, à mesure que la roche devient plus schisteuse, plus luisante ; des paillettes micacées, analogues à la *séricite*, s'y développent, et en arrivant aux Diablerets, ces couches sont devenues presque cristallines.

Les schistes liasiques à *Ammonites opalinus* deviennent micacés près des massifs centraux ; les fossiles y sont écrasés et finissent par disparaître. Les calcaires divisés en gros bancs, en dehors des zones de pression, deviennent plus minces, se cassent obliquement, et perdent leurs fossiles dans les parties centrales des Alpes. C'est ainsi que dans le Valais, on trouve des calcaires complètement cristallins, associés à des schistes sans fossiles.

Ainsi, les terrains secondaires montrent partout, dans cette région, les effets d'actions spéciales plus ou moins intenses, que l'on doit attribuer à la pression. Quant aux *schistes cristallins*, si on les étudie attentivement, on est conduit à admettre qu'ils renferment des groupes de couches d'origine sédimentaire, qui ont dû avoir l'aspect

normal des roches contemporaines. Ainsi, on remarque parfois, lorsque la surface de ces schistes est corrodée par les agents atmosphériques, des aspérités, des grains de quartz, arrondis, saillants à la surface, qui paraissent bien indiquer que cette roche a été un grès. L'infiltration par des eaux chargées de silice ou de silicates alcalins, peut-être même la composition spéciale des eaux au milieu desquelles s'est opérée la sédimentation, ont pu aussi intervenir comme facteurs, dans cette origine de la structure cristalline.

M. **Lory** constate l'intérêt que présentent les observations de M. Jannettaz et celles de M. Renevier, au sujet des modifications que les terrains secondaires ont éprouvées, par des actions mécaniques résultant des dislocations alpines. Ces faits s'accordent très bien avec les idées théoriques que M. Daubrée a mises en lumière par des expériences si remarquables. Il n'est pas inutile de rappeler que des modifications analogues se sont étendues jusqu'aux couches argileuses de l'*Éocène* alpin, où elles ont déterminé la production du clivage ardoisier, aussi bien que dans les couches argilo-calcaires du *Lias*. On exploite ainsi des *ardoises*, dans l'*Éocène*, à Saint-Julien et à Villargondran, en Maurienne, à Vallouise, à Orcières, à Châteauroux, etc., dans les Hautes-Alpes ; dans le *Lias*, au col de la Madeleine, à la Chambre, en Oisans, au Valbonnais, etc. ; dans le *Trias*, entre Aigueblanche et Moutiers et à Centron, en Tarantaise.

On en exploite aussi dans le terrain *houiller*, et ce sont même les meilleures de la région, parce qu'elles sont exemptes de carbonate de chaux : telles sont celles de Cevins, entre Albertville et Moutiers, des environs de Chamonix, de Vernayaz et Outre-Rhône, dans le Bas-Valais. Le gisement d'empreintes végétales de Petit-Cœur a dû sa découverte à une recherche de ces ardoises, et celui de Vaulnaveys, près Vizille (Pl. XVII, fig. 2), est dans le même cas. Les empreintes végétales fournies par ces diverses localités attestent que, dans ces schistes houillers, le feuilletage est généralement dans le sens même de la stratification. Ce fait paraît tenir à deux circonstances : 1° à la position, presque toujours voisine de la verticale dans laquelle les couches ont été redressées ; 2° à ce que ces schistes houillers ne constituent, en général, que des assises d'épaisseur médiocre, alternant avec des grès plus résistants, qui ne se seraient pas prêtés aussi facilement au laminage et au clivage ardoisier, sous l'action de pressions latérales.

M. **Lory** fait ensuite la communication suivante :

Sur les **schistes cristallins** *des* **Alpes occidentales** *et sur le* **rôle des failles** *dans la* **structure géologique de cette région,**

par M. **Ch. Lory.**

Les observations qui viennent d'être présentées par nos savants confrères, M.M. Jannettaz et Renevier, me paraissent exiger que je rappelle à la Société les caractères des schistes cristallins de nos Alpes et le rôle fondamental qu'ils ont joué, à toutes les époques géologiques, dans la constitution de cette région.

Les schistes cristallins des Alpes ne diffèrent pas de ceux sur lesquels, dans toutes les parties du monde, on voit reposer les plus anciennes formations sédimentaires, le plus souvent en discordance complète, sur les tranches de ces schistes. Les gneiss, les micachistes, les schistes amphiboliques ou chloriteux des Alpes sont identiques, minéralogiquement parlant, à ceux du Plateau Central, des Pyrénées, de la Bretagne, etc. Ils me paraissent, aussi bien que ceux des contrées les plus classiques, mériter le nom de *terrain primitif*. Il est vrai que, dans les Alpes françaises, helvétiques et italiennes, on ne les trouve pas recouverts par des terrains de sédiment bien caractérisés, plus anciens que le *terrain houiller;* mais c'est une analogie de plus avec la plus grande partie du Plateau Central; et il est encore d'autres rapports que j'essaierai de faire ressortir entre l'histoire géologique de nos Alpes et celle des pays de la rive droite du Rhône.

Il y a cependant une différence notable entre notre *terrain primitif* des Alpes et ceux de la plupart des autres contrées : c'est que, dans les Alpes occidentales du moins, les roches anciennes franchement éruptives sont rares et qu'on a peu d'occasions de les voir sous forme de dykes coupant nettement les schistes cristallins. Nous l'avons vu pour la *protogine*, en Oisans, sur le chemin de Venosc; on connaît les filons de *granite* de Valorsine et autres environs de Chamonix, et je citerai, tout à l'heure, ceux des gorges de l'Olle, entre Allemont et Saint-Jean-de-Maurienne; au pied du versant italien sont les belles masses de *granulite* de Baveno et autres. Mais on peut, en maintes directions, traverser complètement les Alpes sans avoir à constater de roches anciennes nettement éruptives. Les schistes cristallins des Alpes ne sont pas hachés de filons éruptifs, comme ceux du Plateau Central, de la Bretagne, etc. Leur caractère stratiforme ne s'en ma-

nifeste que mieux, et c'est peut-être un des motifs qui ont porté plusieurs géologues à les considérer comme des terrains sédimentaires modifiés, métamorphiques.

Cette conclusion ne pourrait être légitime que si l'on venait à constater une liaison intime et incontestable entre les *schistes cristallins* et des formations sédimentaires bien caractérisées. Mais rien ne tend à l'établir. Les couches *siluriennes* à *Cardiola interrupta*, etc., constatées par M. Stache dans les Alpes orientales, sont aussi distinctes des schistes cristallins que le sont, sur la lisière sud et est du Plateau Central, les lambeaux bien connus et bien caractérisés de dépôts *siluriens*, *dévoniens*, ou *carbonifères* inférieurs. Ces données ne font que rendre de moins en moins probables les idées théoriques sur l'origine des *schistes cristallins* par métamorphisme de sédiments plus ou moins anciens.

Il est vrai qu'il est souvent très difficile ou même impossible de tracer, d'une manière précise, la limite entre les *schistes cristallins* et les *grès à anthracite* qui les ont recouverts et ont été formés de leurs débris. Si les deux dépôts sont en concordance, si les grès sont à grains fins et ne sont pas accompagnés de *poudingues*, si le terrain a été soumis à un laminage un peu énergique, ces grès peuvent ressembler beaucoup aux schistes *primitifs*, et ne peuvent en être distingués que par des études pétrographiques minutieuses. De pareils faits sont assez connus, dans bien d'autres régions, et pour des terrains très divers, reposant ainsi directement sur le *terrain primitif;* mais ils ne peuvent servir d'arguments pour nier la distinction des deux terrains superposés ou en contact, ni pour considérer les schistes cristallins, comme une transformation métamorphique des grès.

J'ai eu l'avantage de visiter avec M. Renevier et M. de Fellenberg, en 1880, une des localités que le savant géologue de Lausanne considère comme un des plus probantes à cet égard, celle d'Outre-Rhône, en Valais. Il est certain qu'il est souvent impossible d'y reconnaître la limite précise des deux terrains, *schistes cristallins* et *grès houiller*. J'y ai recueilli, dans les *schistes cristallins*, des échantillons de ces roches que l'usure par les agents atmosphériques rend grenues à la surface, et que M. Renevier considère comme des grès incomplètement modifiés : l'étude microscopique de coupes minces de ces roches n'y montre pas une structure détritique, mais bien celle du gneiss glanduleux. Ainsi là, comme ailleurs, il est impossible de démontrer que les *schistes cristallins* proviennent de la transformation de couches qui auraient été d'abord des sédiments ordinaires gréseux ou argileux.

Le rôle fondamental que ces roches jouent partout dans la struc-

rure des Alpes va nous permettre d'établir encore plus clairement leurs droits au titre de *terrain primitif*.

On sait que les schistes cristallins apparaissent, dans les Alpes, par massifs plus ou moins étendus, entourés par les formations sédimentaires, qui s'appuient sur eux, ou à travers lesquelles ils percent, par des failles. Ces massifs sont répartis principalement dans deux zones, arquées suivant le sens de la courbure générale des Alpes, que j'ai proposé d'appeler *première zone alpine*, ou *zone du Mont-Blanc*, et *quatrième zone alpine* ou *zone du Mont-Rose*. De l'une à l'autre de ces deux zones, la structure des massifs de schistes cristallins est essentiellement différente. Quant aux deux zones intermédiaires, que j'ai désignées, dans les Alpes occidentales, sous les noms de *deuxième* et *troisième zones alpines*, les affleurements de schistes cristallins y sont très rares et peu étendus. (Voir fig. 9 *bis*.)

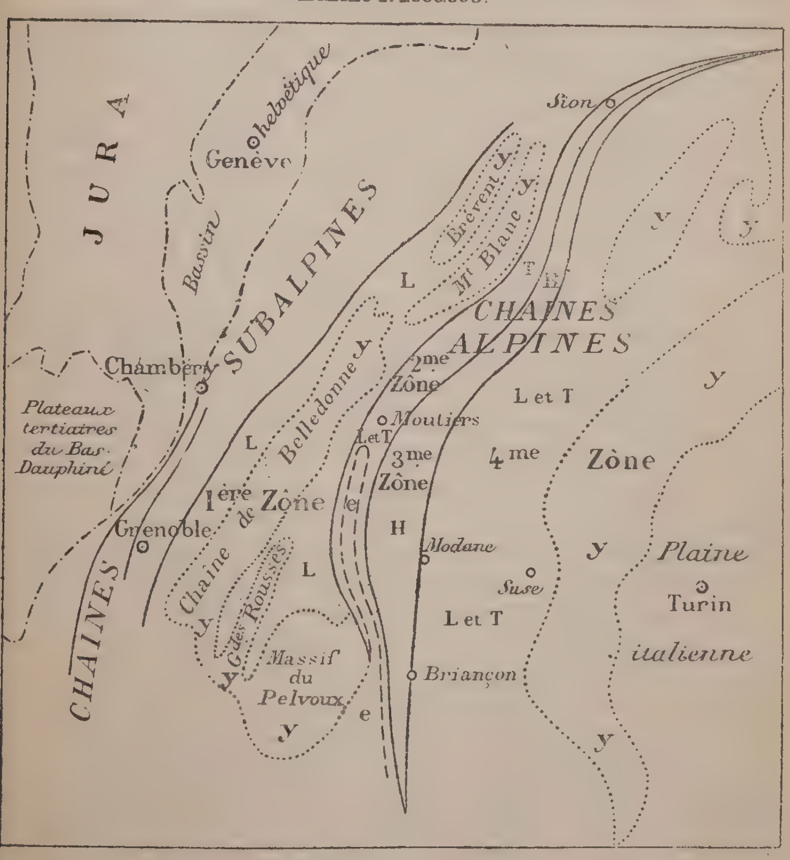
Quatrième zone alpine, ou *zone du Mont-Rose*. — Dans cette zone, les schistes cristallins étaient encore sensiblement horizontaux, quand ils ont été recouverts généralement par le *Trias*, auquel ont succédé, dans certaines parties de la région, des calcaires jurassiques compacts (*calcaires du Briançonnais*), qui se trouvent aussi dans les deuxième et troisième zones. Les schistes cristallins ont été ensuite disloqués avec ces terrains secondaires, et plissés, avec eux, toujours en concordance, en forme de grandes voûtes plus ou moins profondément rompues, qui représentent, sur des dimensions énormément plus grandes, le type classique des chaînes du Jura bernois, souvent compliqué par des *failles*, comme dans le Jura français.

D'après cette structure simple et régulière des massifs de la *zone du Mont-Rose*, la succession des divers groupes de schistes cristallins y est aussi claire et aussi facile à déterminer que celle des étages jurassiques dans les chaînes du Jura. Cette succession est conforme à l'ordre général indiqué depuis longtemps par Cordier, qui l'avait étudiée tout particulièrement sur les grandes voies internationales conduisant de France ou de Suisse en Italie. Il convient toutefois de faire remarquer que son groupe supérieur, celui des *talcites* (ou *talcschistes*), ne renferme qu'accessoirement du *talc* proprement dit, mais bien plutôt des variétés de micas à l'éclat nacré, talcoïdes, particulièrement la *séricite*; le nom de *schistes à séricite* leur a été appliqué par les géologues suisses. Puis vient un groupe considérable de *schistes chloriteux* et de *schistes amphiboliques*, alternant ensemble, et se remplaçant les uns les autres avec un développement variable; puis le groupe des *micaschistes*, dans lequel sont intercalées des couches concordantes de *calcaires cipolins* et même de *calcaires saccha-*

Fig. 9 *bis.*

ZÔNES OROGRAPHIQUES ET GÉOLOGIQUES DES ALPES OCCIDENTALES

Echelle 1: 2.000.000.



LÉGENDE

-.-.-.-.- *Limites de la région du Jura et de celle des chaînes subalpines*

——— *Failles limitant les différentes zônes.*

.... *Limites des massifs cristallins:* (y).

- - - - - - *Limite du golfe éocène de la Maurienne.* (e).

H_ *terrain houiller;* ——— T_ *Trias;* ——— L_ *Lias.*

roides purs. Les *micaschites*, vers le bas, deviennent feldspathiques, passent au *gneiss* feuilleté, et celui-ci à des gneiss de plus en plus massifs, des *gneiss granitoides*, où la structure feuilletée disparaît presque complètement, mais qui sont encore nettement stratifiés en grand.

Ces différents groupes pétrographiques ne sont point rigoureusement séparés les uns des autres : ils correspondent seulement à la *prédominance* de tel ou tel type de schistes cristallins dans les diverses parties de la série stratigraphique : de vrais *micaschistes*, avec couches de *calcaires cipolins*, et même de vrais *gneiss* se rencontrent jusque dans le groupe supérieur ; ils alternent souvent, à de nombreuses reprises, avec les schistes chloriteux ou amphiboliques. De même, les *gneiss granitoides*, même en assises très épaisses, n'indiquent point nécessairement la base de la série, que l'on peut dire être encore inconnue.

C'est ainsi que les gneiss granitoïdes, dits *gneiss d'Antigorio*, qui se montrent à la base de la belle coupe du massif du Simplon, et dans les assises presque horizontales desquels les gorges de la Diveria sont creusées sur une épaisseur d'environ 700 mètres, s'appuient encore, d'après la carte de Gerlach, sur une assise inférieure de *micaschistes* (1).

D'après les nombreux profils donnés par Gerlach, Theobald, Gastaldi, Giordano, Baretti, pour diverses parties de cette zone, on peut, je crois, considérer comme bien établi que les différents groupes pétrographiques de schistes cristallins s'y représentent partout superposés dans le même ordre. C'est, d'ailleurs, l'ordre classique généralement admis ; et pour ce qui est du Plateau central, c'est aussi celui que donnent les travaux de M. Grüner, dans le Forez, et ceux de M. Fabre, dans la Lozère.

Je ne connais, dans la *quatrième zone alpine* ou *zone du Mont-Rose*, aucun gisement de *terrain houiller :* je suis porté à croire, jusqu'à preuve du contraire, que les schistes cristallins de cette partie des Alpes sont restés à découvert pendant toute la durée des temps paléozoïques, sans être dérangés de leur position horizontale primitive. Ils se sont graduellement affaissés durant la période du *Trias ;* pour recevoir le dépôt de ce terrain, dont les étages inférieurs sont souvent peu développés dans cette zone ; mais l'étage supérieur,

(1) Gerlach, *Karte der Penninischen Alpen ; Mém. de la Soc. helvét.*, t. XXIII, 1869. — Ce fait, que nous n'avions pas eu l'occasion de constater, MM. Renèvier, Heim et moi, dans notre première exploration du massif du Simplon, en 1877, nous a paru très clair, dans la nouvelle exploration que nous avons faite, à l'occasion du nouveau projet de tunnel de M. l'ingénieur en chef Mayer, en août 1882 (*Note de M. Lory*, 1883).

représenté par les *schistes lustrés*, y acquiert une épaisseur énorme.

On connaît la texture remarquablement cristalline que présentent presque toutes les couches de ce *Trias*, dans toute l'étendue de la zone dont il s'agit, et dans une grande partie des *deuxième* et *troisième* zones; on connaît l'état généralement grenu ou saccharoïde des calcaires et des dolomies, les cristaux d'*albite* développés dans ces roches; les *schistes lustrés*, formés, en majeure partie, de minéraux cristallisés, développés, certainement, depuis le dépôt des couches qui les renferment. Cette texture cristalline est uniforme, en rapport intime avec la stratification, qui est toujours très nette; elle est indépendante des actions mécaniques, des pressions ou des glissements que les couches ont pu subir, indépendante des diaclases, du clivage ardoisier, qui se montre rarement dans ces schistes; elle est la même dans les parties des couches restées à peu près horizontales et dans celles qui sont fortement redressées ou plissées. Il est donc bien évident que c'est un *métamorphisme uniforme, régional, lié à la nature même des dépôts;* et ce qui a eu lieu pour ce *Trias* alpin, à une époque géologique relativement récente, indique nettement qu'il en a été de même, à une époque plus reculée, pour les *schistes cristallins* sur lesquels il repose en stratification concordante.

Dans ceux-ci également, la disposition des lamelles cristallines, le feuilletage, sont constamment parallèles à la stratification, qui est très nette : il en est ainsi, notamment, lorsque la stratification est à peu près horizontale, ce qui arrive sur de grandes étendues, sur le versant italien. Il ne peut être ici question ni de clivage ardoisier, ni de cristallisation sous l'influence d'actions mécaniques locales. C'est bien la cristallisation *générale*, *universelle* et *originelle* du *terrain primitif*, antérieur à toutes les formations sédimentaires proprement dites.

Deuxième et troisième zones alpines. — Vers la limite nord-ouest de la *quatrième zone*, les *schistes cristallins* affleurent souvent très près ou même au contact de la grande bande continue des *grès à anthracite* qui est l'élément le plus important de la *troisième zone*. Ces grès, d'après leurs végétaux fossiles, appartiennent, comme on le sait, à l'étage *houiller inférieur*. Le plus souvent, la limite des deux zones est marquée par une *faille*, et l'on ne peut pas voir, d'une zone à l'autre, les rapports stratigraphiques réguliers entre les grès à anthracite et les schistes cristallins. Mais quelquefois ces derniers apparaissent aussi sous les grès de la *troisième zone*, comme cela se voit au pont de Saint-André, près la gare de Modane : et alors il y a *concordance* entre les feuillets des *schistes cristallins* et les couches des *grès houillers*.

De plus, sur une foule de points de cette même limite, à la Thuile, Sainte-Foy, Pesey, Macot, Bozel et à Saint-André, près Modane, on trouve, dans la partie inférieure des grès à anthracite, des conglomérats plus ou moins grossiers, formés des fragments, à peine roulés, de schistes cristallins identiques à ceux qui affleurent dans le voisinage. Il est donc bien évident que le feuilletage et la cristallisation des *schistes cristallins* de la quatrième zone sont des faits antérieurs à la *période houillère*, bien antérieurs, par conséquent, aux *schistes lustrés* du *Trias,* qui reposent en concordance sur ces schistes cristallins.

Le *Trias,* avec le même faciès et la même puissance que dans la *quatrième zone*, s'étend aussi sur la moitié nord de notre *deuxième zone*, depuis les environs de Moutiers jusqu'au-delà de Sion. C'est à l'étage moyen de ce *Trias* qu'appartiennent les marbres de l'Étroit du Ciex, entre Moutiers et Aime, les dolomies à cristaux d'*albite* du col de la Seigne, etc. L'étage supérieur, celui des *schistes lustrés*, contient de nombreuses intercalations de poudingues souvent très grossiers, dont les cailloux, ayant souvent plusieurs décimètres de grand axe, sont d'espèces très diverses : des *schistes cristallins* anciens, très variés, des *grès à anthracite*, des *quartzites* de l'étage inférieur du *Trias*, des dolomies et des calcaires cristallins, que je viens de citer dans l'étage moyen, et même des *schistes gris lustrés*, qui ne peuvent provenir que des assises *triasiques* inférieures à ces conglomérats. Comme tous ces cailloux roulés ont la structure caractéristique plus ou moins cristalline, grenue ou feuilletée des roches dont ils proviennent, et que leurs feuillets, dans les conglomérats, ont des directions quelconques, il faut nécessairement en conclure que la cristallinité ou le feuilletage des roches du *Trias*, dans cette région, sont contemporains du dépôt même de ce terrain et indépendants de toutes les dislocations, pressions, etc., qu'il a pu subir ultérieurement. C'est encore une preuve frappante à l'appui de cette conclusion, que nous avons formulée ci-dessus.

Tous les faits que je viens de signaler, relativement aux conglomérats *houillers* de la *troisième zone* et *triasiques* de la *deuxième*, concourent de même à démontrer que la structure cristalline et plus ou moins feuilletée des *schistes cristallins* est également générale et antérieure au *terrain houiller*. Comme d'ailleurs, dans ces trois zones alpines (*deuxième*, *troisième* et *quatrième zones*), tous les terrains, depuis les *gneiss* les plus inférieurs jusqu'au *Lias* inclusivement, sont en stratification parallèle et sensiblement concordante, il en résulte que la structure feuilletée ou cristalline, dans les terrains *plus anciens* que le *grès houiller*, aussi bien que dans le *Trias*, plus

récent, est absolument indépendante des grandes actions mécaniques qui n'ont façonné ces terrains en montagnes que postérieurement à la période du *Lias*.

Arrivons maintenant à la *première zone alpine* qui va nous fournir, dans des conditions tout autres, des preuves non moins claires à l'appui des mêmes conclusions.

Première zone alpine ou zone du Mont-Blanc. — Les massifs primitifs de cette zone, tels que les Alpes Bernoises, le Mont-Blanc ou nos massifs des Alpes dauphinoises, sont, en général, loin de présenter ce type de structure régulière, en grands plis anticlinaux, en grandes voûtes, des massifs de la *quatrième zone*. Par suite, il devient souvent difficile d'y reconnaître la succession normale des divers groupes de schistes cristallins. Cela tient à ce que cette zone est réellement la partie ancienne du système orographique des Alpes, et que sa structure résulte de dislocations de diverses époques.

On sait qu'il existe, dans cette zone, des *grès à anthracite*, beaucoup moins puissants et moins continus que ceux de la troisième zone, et qui, d'après leurs végétaux fossiles, paraissent être plus récents et appartenir à l'étage *houiller supérieur*. Dans le canton de la Mure, qui contient les exploitations d'*anthracite* les plus importantes des Alpes, l'épaisseur de ces grès ne dépasse pas 300 mètres. La discontinuité de ces dépôts, leur faible puissance et les variations de faciès qu'ils présentent tendent à faire croire qu'ils ont été formés dans de petits bassins peu étendus.

Sur le versant ouest de la *première zone alpine*, on peut reconnaître, en plusieurs endroits, des traces de dislocations des schistes cristallins, antérieurement au dépôt de ces grès houillers; elles se manifestent par des discordances locales, sur quelques points du bassin de la Mure; on peut en citer aussi le long de la chaîne de Belledonne, par exemple pour le petit lambeau du Clot-Chevalier, au-dessus de la mine des Chalanches (voir fig. 10, p. 662); les coupes données par M. Alphonse Favre paraissent en indiquer dans les environs de Chamonix, et celles de M. Renevier dans le Bas-Valais. Mais sur le versant est de la même zone, dans l'Oisans, le massif des Grandes-Rousses, etc., il y a généralement concordance entre le grès houiller et les schistes cristallins, comme nous l'avons vu si nettement entre le Châtelard et la galerie de l'Infernet (pl. XVII, fig. 4).

Il me semble que l'on peut se représenter les schistes cristallins de la *première zone alpine* comme ayant constitué, vers le milieu de la période houillère, un plateau assez accidenté et disloqué du côté ouest et nord-ouest, par lequel il se rattachait peut-être au Plateau

Central de la France; en pente douce, au contraire, vers l'est-sud-est, où il se raccordait, par l'emplacement actuel de la *deuxième zone*, avec le vaste bassin, dont le fond, graduellement affaissé, avait reçu le dépôt puissant et continu des grès houillers inférieurs de la *troisième zone*. Ce bassin, était limité, à son tour, de l'autre côté, par un autre plateau très uniforme de schistes cristallins, ceux de notre *quatrième zone* actuelle, qui seraient restés à nu jusqu'au début de la période du *Trias*.

Mais c'est après le dépôt des grès à anthracite, entre la période de la *houille* et celle du *Trias*, qu'ont eu lieu les principales dislocations qui ont redressé et contourné les couches des terrains anciens de la *première zone*. On y peut poser en fait *général* que, partout où les couches du *Trias* sont à peu près horizontales, elles reposent en stratification discordante sur les tranches des terrains anciens, soit *grès houiller*, soit *schistes cristallins*. Dans cette zone, le *Trias* est toujours mince, incomplet, et souvent il manque; c'est encore une analogie manifeste avec le Plateau Central. Alors c'est entre le *Lias* et les terrains anciens que se manifeste la discordance générale, dont nous venons de voir, en Oisans, tant d'exemples si nets, et qui est tout aussi marquée, dans le canton de la Mure, entre le *Lias* et les *grès à anthracite* (1).

C'est dans ces localités, où les terrains secondaires sont restés à peu près horizontaux, qu'on peut étudier sans incertitude leurs relations stratigraphiques avec les terrains anciens qui leur ont servi de base. Les discordances ainsi constatées sont *incontestables*, tandis que les concordances *apparentes* entre des couches fortement inclinées, sur les flancs des vallées, s'expliquent par des glissements, comme je vais le rappeler bientôt. La discordance des terrains secondaires avec les couches du *grès houiller*, aussi bien qu'avec le feuilletage et les divisions stratiformes des *schistes cristallins;* d'autre part, la concordance de celles-ci avec les couches du *grès houiller*, telle que nous avons pu l'étudier si nettement, sur la grande route de l'Oisans, entre le Châtelard et la galerie de l'Infernet (pl. XVII, fig. 4), sont des faits qui me paraissent répondre suffisamment aux objections formulées par M. Renevier, et concourir à démontrer que le feuilletage et les divisions stratiformes des schistes cristallins sont bien des caractères originels de ces roches, et non des effets secondaires des dislocations et des pressions auxquelles ils ont été soumis.

D'ailleurs, comme je l'ai fait observer plus haut, les grès houillers de la *première zone* aussi bien que ceux de la *troisième*, sont accompa-

(1) *Bull.*, 1re série, t. XI, *Réunion à Grenoble*, pl. V, fig. 2 et 3.

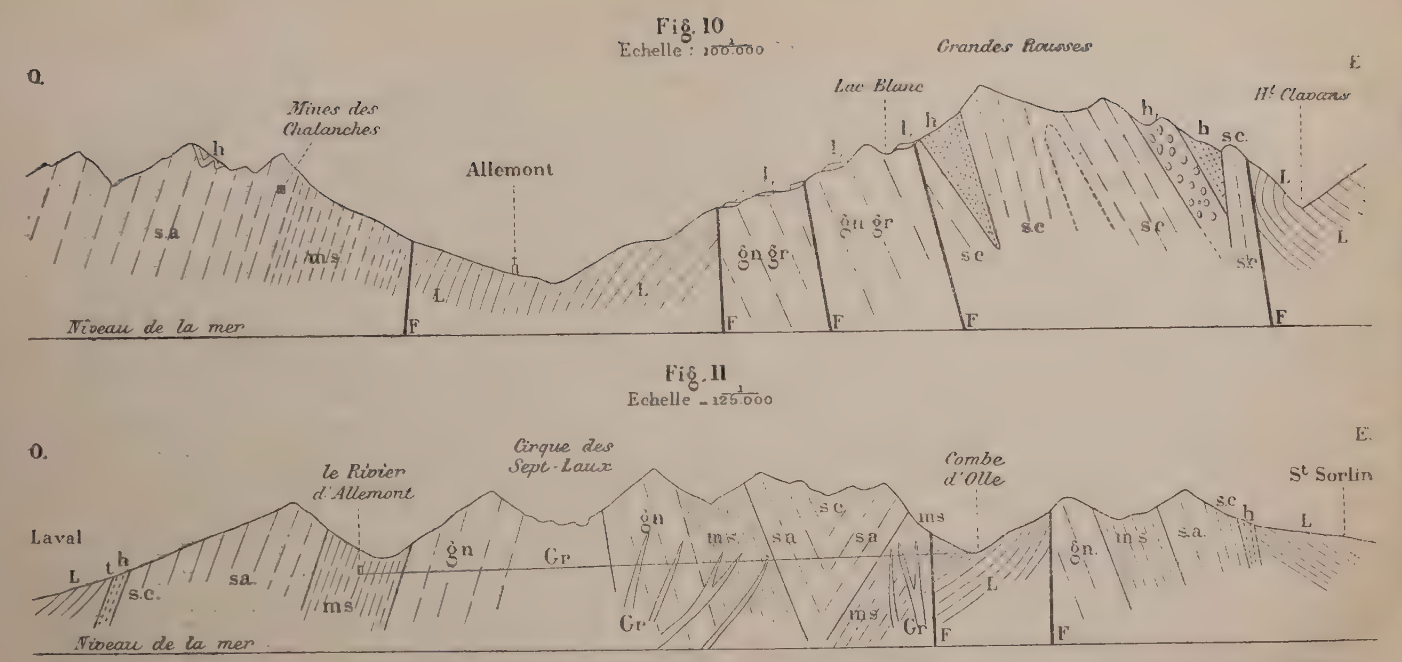
gnés de conglomérats, contenant de volumineux débris de *schistes cristallins feuilletés*, dont les caractères pétrographiques sont, en général, ceux des roches cristallines sous-jacentes. Ces conglomérats sont bien connus sur le versant ouest-nord-ouest de nos massifs alpins : ce sont les poudingues de Valorsine, et autres environs de Chamonix, dont on trouve les analogues aux environs de Beaufort et aussi dans le bassin de la Mure. Mais ils ne sont pas moins caractérisés sur le versant est-sud-est de la *première zone*, dans l'Oisans, et ils sont particulièrement très développés sur le versant est des Grandes-Rousses, au-dessus de Clavans (fig. 10). Le grès houiller étant là concordant avec les schistes cristallins, l'existence des cailloux de schistes cristallins, *déjà feuilletés*, dans ces poudingues, démontre clairement que leur feuilletage est antérieur à toutes les dislocations qui ont affecté le massif en question.

Mais il y a plus, et malgré les dislocations qui ont eu lieu, dans la *première zone*, postérieurement au dépôt du *Lias*, on peut encore, avec quelque attention, y retrouver la série des *schistes cristallins*, conforme à celle que nous avons indiquée dans la *quatrième zone* et reconstituer les massifs, tels qu'ils devaient être antérieurement au dépôt du *Trias*.

C'est ainsi que, sur la route de Vizille au Bourg-d'Oisans (pl. XVII, fig. 2), nous avons constaté nettement la succession des premiers termes de la série, *talcschistes* (ou *schistes à séricite*), schistes *chloriteux* et schistes *amphiboliques*, puis les *micaschites* dans lesquels, sur le chemin d'Allemont à la mine des Chalanches, on trouve intercalées, en parfaite concordance, trois petites couches de *calcaire cipolin*.

Ces micaschistes sont tranchés brusquement par une grande faille qui limite, à l'est-sud-est, le massif de Belledonne, et le long de laquelle est affaissée la bande de *Lias* qui sépare ce massif de celui des Grandes-Rousses (fig. 10); c'est la même faille que nous avons traversée à Boirond, avant d'arriver au Bourg-d'Oisans (pl. XVII, fig. 3). Mais on peut facilement suivre ces mêmes micaschistes, toujours inclinés de même et dirigés en moyenne, au nord 10° est, en remontant le vallon de l'Olle, d'Allemont au Rivier.

On peut encore arriver directement à cette dernière localité, en partant de la station de Brignoud (ligne de Grenoble à Chambéry) et passant par Laval et le col de la Coche : on traverse alors (fig. 11) une coupe très nette, qui ne diffère de celle de Vizille à Allemont que par un développement moindre des schistes amphiboliques, formant l'arête du col, entre les talcschistes et chlorito-schistes du versant



L, Lias; , Lias inférieur (calcaire magnésien); t, Trias; h, grès houiller; h_1, poudingue houiller; *s.c.*, schistes chloriteux; *s.a.*, schistes amphiboliques; *ms*, micaschistes (avec couches de calcaire cipolin); *gn*, gneiss; *gn.gr.*, gneiss granitoïde; *Gr*, granite, massif et en filons; F. failles.

ouest et les micaschistes du versant est. En descendant du col de la Coche vers le Rivier, on remarque dans les micaschistes quelques petits filons de *pegmatite* à larges lames de *mica blanc*, fait assez rare, dans ce pays, pour qu'il soit intéressant de le signaler.

Du Rivier, on remonte l'étroite coupure transversale du Maupas, conduisant aux pâturages de la Combe d'Olle. J'ai décrit, il y a longtemps (1) cette coupe, que j'ai eu l'avantage de revoir récemment avec MM. Potier et Marcel Bertrand, dans les conditions favorables des travaux de la route qui va remplacer un affreux sentier, peu propice aux observations géologiques. Elle est représentée dans le profil ci-joint, fig. 11, p. 662. Les micaschistes du Rivier, *ms*, qui alternent déjà avec des gneiss feuilletés, passent, à leur base, à des gneiss de plus en plus feldspathiques et granitoïdes, qui s'appuient sur le *granite* massif, d'où tombent en cascade les eaux de la partie sud du cirque des Sept-Laux.

De l'autre côté de cette masse de granite, *Gr.*, le gneiss reparaît, plongeant vers l'est. Grâce aux entailles faites par les travaux de la route, il nous a été possible de constater que ce gneiss est traversé par des *filons granulitiques*, et il en est de même des micaschistes qui le recouvrent; mais ces filons ne paraissent pas pénétrer dans les schistes amphiboliques, que l'on rencontre ensuite, en approchant de l'issue supérieure de la gorge. Ces schistes amphiboliques sont pliés en *V;* et de l'autre côté de ce pli synclinal, on revoit encore les micaschistes, au flanc occidental de la Combe d'Olle, plongeant vers l'ouest, comme ceux du Rivier, et traversés encore, comme les précédents, par des filons granitiques. Une bande de *Lias*, affaissée entre deux *failles*, dans la Combe d'Olle, interrompt, sur une faible largeur, la continuité de la coupe du terrain *cristallophyllien;* mais on en recoupe de nouveau les assises, *gneiss*, *micaschistes*, *schistes amphiboliques*, plongeant à nouveau vers l'est, en montant de la Combe d'Olle au col de la Croix-de-Fer et descendant sur Saint-Sorlin. Un petit lambeau de *grès houiller*, prolongement de celui du versant est des Grandes-Rousses, revêt ce versant du massif cristallin, et disparaît en s'enfonçant, à l'est, sous la vaste étendue de *Lias* du bassin des Arves, comme son pareil le fait à l'ouest, à Laval, sous le *Lias* de la rive gauche de l'Isère.

Cette coupe, facile à suivre maintenant dans tous ses détails, montre donc à plusieurs reprises toute la série des *schistes cristallins*, depuis les *schistes à séricite* jusqu'aux *gneiss granitoïdes*, formant deux grands plis anticlinaux, séparés par un pli synclinal, et la continuité de

(1) *Description géologique du Dauphiné*, 1re partie, § 102 (1860).

cette belle étude des massifs anciens n'est interrompue que par l'étroite bande de Lias affaissée dans la Combe d'Olle. Elle est aussi tout particulièrement remarquable par l'affleurement du granite massif des Sept-Laux, et par les *filons de granulite* traversant les gneiss et les micaschistes.

Si l'on compare cette coupe à celle que j'ai figurée sur la même page, passant par Allemont et les Grandes-Rousses, on reconnaît facilement que la principale différence entre les deux consiste en ce que les parties médianes du grand pli anticlinal de gauche ont été, l'une *affaissée*, sous la vallée d'Allemont, en entraînant avec elle un grand lambeau de *Lias*, en couches fortement inclinées, l'autre exhaussée par des failles, en plusieurs gradins étagés, dont chacun porte encore de petits *témoins* des assises inférieures du *Lias*, en couches à peu près horizontales. D'autre part, au contraire, une bande étroite appartenant à la partie médiane du pli anticlinal de droite, resté intact dans la coupe des Grandes-Rousses, a été affaissée sous la Combe d'Olle, en entraînant encore avec elle un épais lambeau de *Lias*.

Cette comparaison est bien propre à nous faire reconnaître nettement les caractères des dislocations qui ont affecté les terrains anciens de notre *première zone*, antérieurement aux dépôts du *Trias* et du *Lias*, et aussi de celles qui ont eu lieu postérieurement au dépôt de ces terrains secondaires.

Les premières ont dû consister en de grands *plissements* des terrains anciens, donnant lieu à des alternances régulières d'anticlinales et de synclinales, qui répondent très bien au type orogénique auquel nos confrères des Alpes suisses semblent, pour la plupart, disposés à accorder une prépondérance peut-être un peu trop exclusive. Ce type, d'ailleurs, est celui que je me suis, moi-même, appliqué à faire ressortir, dans l'orogénie, *plus récente*, des massifs de la *quatrième zone*.

Les coupes sur lesquelles j'attire en ce moment l'attention de la Société le mettent en évidence dans la *première zone*, pour les massifs de la chaîne de Belledonne et des Grandes-Rousses. L'extrémité nord du massif du Pelvoux, que nous avons traversée dans la gorge de Malaval, nous a montré des plissements en grand, tout à fait analogues, que complète l'inclinaison générale, vers l'est, de la grande arête de protogine et de gneiss chloriteux, qui commence en face de la Grave et forme tout le versant oriental du massif.

Ces terrains anciens de la première zone, ainsi plissés, redressés, le plus souvent dans un position voisine de la verticale, ont été

soumis à des dénudations et à un rabotage général sur leurs tranches. Cela s'est effectué probablement pendant la période *pénéenne*, qui n'est représentée, dans cette région, par aucune formation sédimentaire. Puis ce fond de vieilles roches plissées et consolidées a reçu, d'abord, des dépôts minces et discontinus de *Trias*, et ensuite une couverture de *Lias*, générale et très épaisse, du moins dans la région des Alpes occidentales.

Dans les dislocations qui ont eu lieu postérieurement au dépôt du *Lias* (sans chercher à en déterminer la date, ou les dates, d'une manière plus précise), les terrains anciens de la première *zone alpine* ne me paraissent pas s'être prêtés à de nouveaux plissements. Tout me confirme de plus en plus dans l'idée que j'ai émise en 1873 (1), que ces terrains, déjà plissés depuis si longtemps, en couches si fortement redressées, se sont comportés, dans leur ensemble, comme des masses rigides : ils n'ont pu se prêter qu'à des *failles* et à des glissements, des dénivellations, suivant les plans de fracture ou suivant les joints de stratification.

Au contraire, les terrains secondaires, encore horizontaux, se sont comportés comme des corps flexibles, et même plus ou moins plastiques, surtout quand l'élément argileux dominait dans leur composition. Ils n'ont été rompus complètement que par des *failles* d'importance majeure ; partout ailleurs, ils se sont adaptés, par des *glissements* et par des *plis* multipliés, aux nouvelles formes de leur base disloquée, de manière à en mouler, pour ainsi dire, les saillies et les angles rentrants, dans toutes les positions possibles. Ils ont laissé souvent, sur les sommets et les plateaux étagés, résultant des *failles* des massifs anciens, des lambeaux, témoins de leur ancienne extension, et conservant souvent une stratification horizontale ; l'Oisans nous en a montré les plus beaux exemples, jusqu'à 3,500 mètres d'altitude. Mais cette couverture de terrains secondaires a glissé, en majeure partie, dans les dépressions qui résultaient de l'affaissement graduel de certaines portions de sa base, disloquée par les failles. Ces terrains secondaires, se montrent alors, sur les flancs des vallées, en couches fortement inclinées, contournées en plis multipliés, qui contrastent avec les allures uniformes des terrains anciens.

En 1873 et en 1875 (2), j'expliquais de cette manière la structure de la vallée de Chamonix, de même que celle des vallées de l'Oisans.

(1) *Sur quelques faits de la structure des massifs centraux des Alpes*, Bull. de la Soc. Géol., 3e sér., t. I, p. 397 ; et *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, février 1874.

(1) *Bull.*, 3e sér., t. I, p. 397, et t. III, p. 783.

J'étendais la même explication à bien d'autres faits considérés comme des anomalies de la statigraphie alpine : la concordance apparente, et non réelle, des couches secondaires avec les terrains anciens, sur les flancs des vallées ; les enchevêtrements locaux de ces lambeaux, qui, en glissant les uns sur les autres, avaient pu donner lieu à des apparences d'alternances anormales, telles que celles de Petit-Cœur ; enfin les célèbres *coins calcaires* des Alpes Bernoises, dont les couches, pliées en forme de *V* couché sur le côté, sont serrées dans le gneiss, en feuillets verticaux. Mes explications provoquèrent des objections de M. Studer et, bientôt après, de nouvelles études très précises de deux géologues bernois, M. Baltzer et M. de Fellenberg, sur les deux versants des Alpes Bernoises. Ces travaux remarquables me semblent avoir pleinement confirmé mes idées, sauf les restrictions toutes naturelles qui résultent de ce que les feuillets du gneiss ne sont pas restés absolument inflexibles dans le voisinage immédiat des *failles*, où le frottement des terrains en mouvement a eu lieu sous d'énormes pressions.

Le *Lias* de la Grave, reposant sur les tranches du micaschiste et du gneiss, et sur lequel presse en surplomb la grande masse de protogine et de gneiss chloriteux de la Meidje, est dans un cas analogue à celui des *coins calcaires* des Alpes Bernoises. Il en est de même pour les autres exemples de *superpositions* des roches granitiques au *Lias*, décrits par Élie de Beaumont, et que l'illustre géologue a toujours expliqués par des *failles*, ainsi que je l'ai rappelé dans le compte rendu de notre dernière excursion.

C'est encore par des *failles* et par les glissements qu'elles ont déterminés, que s'expliquent les conditions *anormales* du contact des terrains secondaires avec les micaschistes des pentes inférieures du Mont-Blanc, dans la vallée de Chamonix. J'en ai donné l'explication, en partant du fait *normal*, c'est-à dire de la superposition de ces terrains, en couches horizontales, sur les tranches des schistes cristallins (1) : pendant la réunion de la Société Géologique à Chamonix, M. Gosselet a voulu vérifier par lui-même cette explication, et après étude sur place il a déclaré s'y rallier (2).

Dans notre coupe *pl.* XVI. *fig.* 4, substituons, par la pensée, aux assises néocomiennes et urgoniennes du Grand-Som, des gneiss ou autres roches cristallines en feuillets fortement inclinés : le coin *C* du pâturage de Bovinant pourrait représenter alors un de ces *coins*, dont les couches, dans les conditions normales, reposent, en

(1) *Bull. de la Soc. Géol.*, 3ᵉ sér., t. I, p. 401-404; t. III, p. 786.
(2) *Ibid.*, 3ᵉ sér., t. III, p. 797.

discordance, sur les tranches des schistes cristallins, mais ont été repliées sur elles-mêmes, à mesure qu'elles s'affaissaient sous la lèvre supérieure d'une *faille en surplomb*.

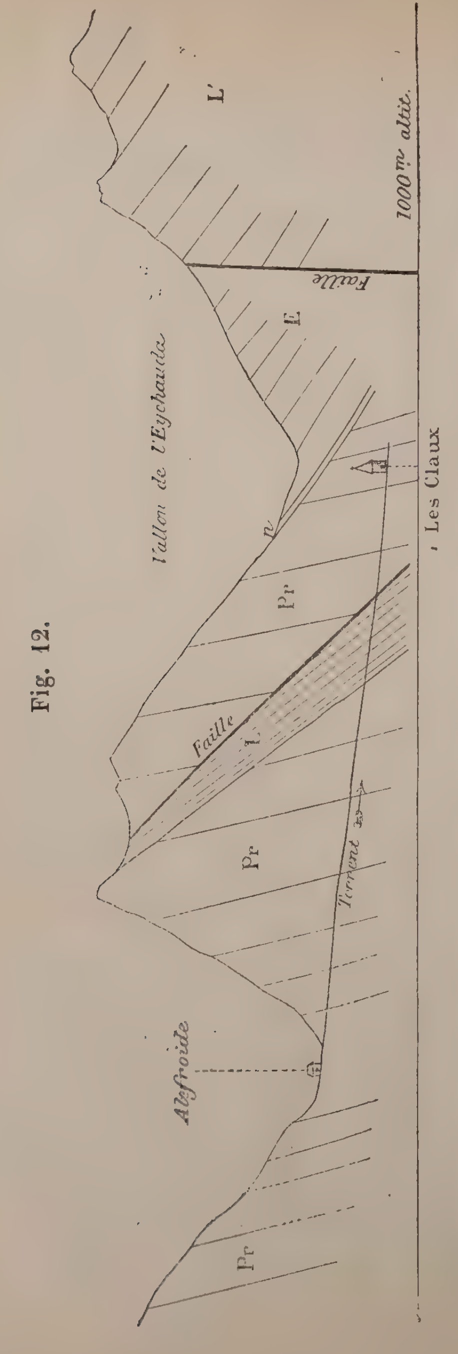
Ces accidents, si faciles à étudier dans les *failles* de nos chaînes subalpines, donnent ainsi les explications les plus naturelles des difficultés les plus controversées de la stratigraphie alpine.

D'autres fois même, ces intercalations de terrains secondaires dans les roches cristallines *primitives* ont eu lieu sans repli des couches sur elles-mêmes, par des failles obliques en surplomb. La fig. ci-jointe n° 12 représente un bel accident de ce genre, que l'on peut étudier pas à pas, en Vallouise, des deux côtés de la gorge conduisant des Claux aux chalets d'Alefroide. Un lambeau de calcaires argileux du *Lias*, d'environ 200 mètres d'épaisseur, dans le bas, repose régulièrement, du côté d'amont, sur les tranches des divisions stratiformes, à peu près verticales, d'une belle protogine à feldspath rose : ce *Lias* est identique à celui de la Grave et renferme, comme lui, des Bélemnites dans ses couches inférieures. Mais en aval il est recouvert, des deux côtés de la gorge, par une autre masse de protogine, pareillement granitoïde, à orthose d'un blanc verdâtre, qui coupe ses couches en biseau, suivant un plan incliné d'environ 45°, tout en étant partagée elle-même en divisions stratiformes à peu près verticales, tranchées obliquement par la même surface de contact. Il est clair que nous sommes encore là en présence d'une fracture oblique, qui a eu lieu, dans le massif des protogines, après le dépôt du *Lias*, et qui a été suivie d'un glissement, par lequel le terrain calcaire a été, en quelque sorte, fauché et rasé obliquement. Ce bel accident géologique est tellement net que l'on pourrait aisément le photographier, en se plaçant dans le vallon de Saint-Pierre, à moins d'un kilomètre en amont des granges d'Alefroide.

C'est dans des conditions analogues, mais sur des dimensions bien plus restreintes, que se montre, aux Bains de l'Échaillon, près la gare de Saint-Jean-de-Maurienne, un paquet de schistes du *Lias* (1), contenant des Bélemnites et des Ammonites, accompagnés de grès et de schistes argileux, plus ou moins métamorphiques, qui repose sur un *gneiss chloriteux* presque granitoïde et sur lequel a glissé, d'autre part, un paquet bien plus épais de schistes amphiboliques ou chloriteux, au voisinage immédiat de la grande *faille* qui forme la limite orientale de notre première zone.

(1) *Bull.*, 2e sér., t. XXIII, p. 486, note.

Fig. 12.



Profil géologique suivant la rive gauche du torrent d'Alefroide, en Vallouise; échelle de $\frac{1}{40,000}$. — *Pr*, protogine; L, Lias schisteux, reposant sur la protogine et recouvert par une autre masse de la même roche, qui coupe ses couches en biseau, par suite d'une faille oblique. — L', Lias compact, calcaire du Briançonnais, formant la montagne des Tenailles. — E, grès et ardoises du terrain nummulitique; *n*, couches à nummulites, à leur base.

Les dislocations qui se sont produites dans notre *première zone alpine*, après le dépôt des terrains secondaires, ont eu lieu, principalement, selon des directions parallèles à celles suivant lesquelles s'était opéré le plissement des terrains anciens. Il était résulté de ce plissement des lignes de moindre résistance, tout indiquées pour l'emplacement des nouvelles fractures. C'est de préférence vers les axes des ruptures anticlinales, ou suivant les bandes de micaschistes, partie la moins résistante de la série des schistes cristallins, que se sont produits les affaissements qui ont donné lieu aux vallées alpines actuelles. C'est, si l'on voulait appliquer à nos Alpes, la nomenclature orographique de Thurmann, c'est suivant les axes des *cirques gneissiques*, et plus souvent encore suivant les *combes* latérales de *micaschistes*, mais *presque jamais suivant les plis synclinaux*, que les terrains anciens ont été ainsi découpés en massifs, séparés par les bandes d'affaissement, où les terrains secondaires, s'adaptant graduellement aux déformations de leur base, sont descendus en se plissant sous leur propre poids.

Telle est l'origine de nos massifs actuels de la *première zone*, et la raison pour laquelle *aucun d'eux* ne représente une voûte régulière, un *pli anticlinal* des terrains anciens.

C'est ainsi que la *chaîne de Belledonne*, considérée dans sa partie la plus élevée, entre Grenoble et Allemont, ne représente qu'un *crêt* à pendage occidental : la dépression dans laquelle s'est affaissé le *Lias*, et où sont les villages d'Allemont et d'Oz (fig. 10), correspond à une partie de la *combe* des micaschistes et une partie de la *voûte* centrale de gneiss; l'autre partie de celle-ci, découpée par des *failles* en gradins étagés, appartient déjà au massif des Rousses, qui comprend, suivant ce même profil, dans la partie culminante, un pli anticlinal, flanqué des deux plis synclinaux où se trouvent serrées les deux bandes de *grès houiller*.

Le massif du Pelvoux, traversé à son extrémité nord, dans la gorge de Malaval, nous a montré de même, deux plis synclinaux, avec un pli anticlinal entre eux. Complété par le grand crêt de *gneiss chloriteux* et de *protogine* qui s'étend de la Meidje au Pelvoux, ce massif est encore celui qui, dans son ensemble, s'éloigne le moins de la forme d'une grande voûte régulière, rompue et effondrée dans sa partie médiane.

Tous les massifs de roches anciennes de la première zone donneraient lieu a des remarques analogues. On sait la différence complète qui existe, des deux côtés de la vallée de Chamonix, entre les roches du Brévent et celles du massif du Mont-Blanc. La vallée de Chamonix peut être regardée comme résultant d'une dépression entre deux

failles, qui correspondrait à l'emplacement d'une combe dans les *micaschistes :* le Brévent serait la voûte centrale d'un pli anticlinal ancien, dont le crêt occidental a complètement disparu, et n'a peut-être même jamais existé ; parce que, dès avant l'époque houillère, cette lisière extrême de la première zone pouvait avoir été démantelée par de plus anciennes dislocations, comme nous l'avons dit plus haut.

Quant au Mont-Blanc, sa structure en éventail a donné lieu à bien des théories, et j'ai varié d'opinion à ce sujet, tant que je n'ai pas été fixé sur l'ordre normal de succession des divers groupes de schistes cristallins. Dès que j'ai eu l'occasion de le constater par moi-même dans plusieurs des massifs réguliers de la *quatrième zone*, j'ai été convaincu que personne n'avait mieux compris cette question que Cordier, qui a affirmé l'âge de la *protogine* en la rangeant, comme roche stratiforme, dans son étage des *talcites cristallifères*, et a précisé la superposition régulière et normale de cette roche sur les *micaschistes* de la vallée de Chamonix (1). Dès lors, le Mont-Blanc n'est plus une voûte centrale de soulèvement, et sa *structure en éventail* devient simplement un *pli synclinal* de l'étage supérieur des schistes cristallins, limité de part et d'autre par deux failles, suivant lesquelles se sont affaissées les bandes liasiques de la vallée de Chamonix et du val d'Entrèves.

J'ai été pleinement confirmé dans cette opinion par les résultats des belles et consciencieuses études de M. de Fellenberg sur la structure du versant valaisan des Alpes Bernoises, communiquées par lui à la Réunion de la Société helvétique en 1880, à Brigue : j'ai pu, sous la conduite de cet habile géologue, avec plusieurs autres membres de la Réunion, vérifier l'une de ses coupes les plus importantes, qui montre, dans la vallée de Lœtsch, l'axe du massif occupé par les *schistes à séricite*, avec les *schistes chloriteux et amphiboliques*, puis les *micaschistes*, de part et d'autre, et les deux côtés extérieurs formés par le *gneiss*. La structure en éventail des Alpes Bernoises n'est donc, elle aussi, qu'un simple pli synclinal. La *protogine* y intervient aussi, comme un gros amas intercalé dans les schistes chloriteux et amphiboliques, qui forme la belle sommité du Bietsch-horn ; mais il s'amincit rapidement, en direction, et cesse précisément au bord de la coupure transversale qui, de Gampel à Ferden, donne facilement accès jusqu'au cœur du massif.

Il me semble que, sans entrer dans de plus longs développements,

(1) *Description du sol primordial*, *in* Ch. d'Orbigny, *Description des Roches*, p. 427 (1868).

ces exemples suffisent pour bien fixer le caractère des massifs de la *première zone alpine*. Ce sont de *grandes ruines restées debout*, quelques unes même, peut-être, exhaussées par des poussées locales, *au milieu des autres parties du* terrain primitif, qui se sont *affaissées*, soit *en masse*, suivant de grandes *failles*, soit *en détail*, par des *glissements* échelonnés, suivant des diaclases multiples, ou suivant les joints de stratification. La couverture de terrains secondaires, *flexibles*, qui reposait sur ce soubassement *rigide*, a suivi nécessairement ces mouvements d'affaissement ; elle a laissé sur les hauteurs (jusqu'à 3,500 mètres d'altitude), des lambeaux de ses assises inférieures, qui sont souvent à peine dérangées de leur situation horizontale ; mais elle a nécessairement glissé, en majeure partie, dans les dépressions, elle en a revêtu les parois, de ses couches fortement inclinées ; elle s'y est accumulée en plis multipliés, attestant clairement qu'elle s'étendait autrefois, en largeur, sur des surfaces bien plus considérables.

L'Oisans se prête éminemment à la vérification de ces idées, et l'excursion que la Société vient d'y faire appellera de nouveaux contrôles, qui leur seront, je l'espère, favorables. Je suis convaincu qu'elles trouveront leur application dans bien d'autres systèmes de montagnes que celui des Alpes.

Revenons sur l'ensemble des faits que nous venons de discuter : il en ressortira encore d'autres conséquences d'un intérêt tout aussi général.

Dans leur état actuel, les quatre zones que nous avons distinguées, dans les Alpes occidentales, sont délimitées et séparées les unes des autres par des alignements de grandes *failles*. Assurément, il n'est pas de trait plus important ni plus fondamental dans la structure de cette partie des Alpes que cette *faille* qui, prenant naissance sur le versant est de notre massif du Pelvoux, en Vallouise, peut être suivie sans interruption sur un parcours de 180 kilomètres, par le Lautaret, Saint-Jean-de-Maurienne, Aigueblanche, le col de la Seigne, le col Ferret et Sembranchier, pour venir joindre la vallée du Valais près de Saxon ; à partir de là, elle se confond, à peu près, jusqu'à Louèche, avec la direction de la vallée, où viennent aboutir, de même, les *failles-limites* de la *deuxième* et de la *troisième* zone, de la *troisième* et de la *quatrième :* et le concours de ces dislocations peut être légitimement regardé comme la cause originelle de cette grande vallée longitudinale du Rhône supérieur.

Mais nos quatre zones, délimitées ainsi par de grandes failles, ne

sont pas moins distinctes les unes des autres par des particularités très importantes de leur structure géologique.

La *première zone alpine* (ou *zone du Mont-Blanc*), est *la seule* où les couches des terrains anciens aient été disloquées, redressées et plissées avant le dépôt des terrains secondaires (*Trias* et terrain *jurassique*). La structure des massifs saillants de cette zone est le résultat complexe de dislocations appartenant à *deux époques au moins*, très différentes.

La *troisième zone* est *la seule* où se rencontre l'*étage houiller inférieur*, très puissant, qui en occupe presque toute l'étendue.

Dans la première et la deuxième zone, le *terrain houiller* n'est représenté que par des dépôts minces et discontinus, dont la flore fossile indique un âge plus récent. Dans la *quatrième zone*, on ne connaît pas de dépôts qui puissent être attribués avec certitude au terrain houiller.

La *deuxième zone* est *la seule* où il se soit produit, dans le cours de la période *éocène*, une longue et étroite dépression, dans laquelle la mer *nummulitique* venant du sud-est, a pénétré et formé de puissants dépôts, depuis Vallouise jusqu'auprès de Moutiers.

La *deuxième* et la *troisième zone* ne présentent que des affleurements rares et peu étendus de *terrain primitif*, ne constituant pas de grands massifs saillants.

La *quatrième zone*, ou *zone du Mont-Rose*, est, au contraire, celle où le *terrain primitif* apparaît sur la plus grande largeur et forme les massifs saillants les plus étendus. Cependant, les schistes cristallins n'y ont été disloqués et façonnés en grands plis qu'après le dépôt des terrains secondaires (*triasiques* et *jurassiques*), qui sont partout sensiblement concordants avec le *terrain primitif*. Il en résulte que les massifs de cette zone ont une structure tout autre, et généralement bien plus simple que celle des massifs de la *première zone*.

Ainsi chacune de nos quatre zones a son histoire géologique spéciale. Dès la période de la houille, elles étaient aussi distinctes qu'elles le sont aujourd'hui; l'extension des divers terrains ou leurs variations de puissance et de faciès ont été, à toutes les époques, subordonnées à ces affleurements de *failles* qui marquent aujourd'hui, presque partout, les limites de ces quatre zones. Cette considération augmente énormément l'importance de ces grandes lignes de fracture : elle démontre que *ces failles remontent à une très haute antiquité, jusqu'au delà de la période houillère*, et qu'elles sont ainsi *antérieures même au plissement général des schistes cristallins primitifs*, dans la *première zone*.

Le grès *houiller inférieur* de la *troisième zone* s'étend depuis le

Briançonnais jusque dans le haut Valais, et atteint sa plus grande largeur entre Saint-Michel et Modane (18 kilomètres), avec une épaisseur d'au moins 2,000 mètres. Il a dû se former sous des eaux peu profondes et durant l'affaissement graduel d'une zone étroite, limitée par deux *failles*, peu éloignées des failles actuelles de Saint-Michel et de Modane. Ce terrain renferme des conglomérats grossiers, qui indiquent des terres accidentées, sur les bords du bassin, et peut-être un jeu parfois moins tranquille des failles.

Après le remplissage de ce vaste bassin, il y a eu un affaissement, à l'ouest, par suite duquel se sont formés les petits bassins *houillers supérieurs* de la Mure et des environs de Martigny, de Chamonix, de Moutiers, etc., dans les deux premières zones.

La *deuxième zone* comprend, en Tarantaise et en Valais, un développement local considérable du *Trias* avec le faciès de schistes lustrés qui caractérise l'étage supérieur de ce terrain dans la *quatrième zone;* il constitue particulièrement tout le puissant massif compris entre le col de la Seigne et le col du Petit-Saint-Bernard.

C'est encore à un enfoncement graduel entre deux failles que correspond ce développement local de l'étage supérieur du *Trias*, tandis qu'il est bien moins épais, à l'est, dans la troisième zone, et morcelé, souvent rudimentaire, à l'ouest, dans la première zone, où il manque en beaucoup d'endroits. Or, dans cette étroite fosse de la deuxième zone, où il a été formé, l'étage supérieur du *Trias*, en Tarantaise, comprend, avec les schistes lustrés, un grand développement de conglomérats, souvent très grossiers, à blocs à peine roulés, qui témoignent de dislocations violentes à certains moments, ou de falaises abruptes dominant les rivages.

Dans la partie méridionale de cette zone, au contraire, le *Trias* est moins épais et reprend une physionomie plus normale ; mais à une époque beaucoup plus récente, il s'est produit, sur une partie de la largeur de la zone, un nouveau jeu de failles, qui a donné lieu à un golfe *nummulitique* long et très étroit, communiquant, vers le sud, avec la mer *nummulitique* des Basses-Alpes et des Alpes-Maritimes. Il s'est formé, dans ce golfe, une épaisseur énorme (1,500 mètres au moins) de dépôts, à la base desquels sont souvent des conglomérats grossiers, particulièrement le remarquable conglomérat des Aiguilles d'Arves, puis des grès et des calcaires à Nummulites, et une grande épaisseur de grès et de schistes argileux alternant ensemble. Ce terrain forme une bande étroite, dirigée du sud au nord, qui finit brusquement au pic du Cheval-Noir, près de Moutiers. Le golfe dans lequel il s'est formé devait être rigoureusement limité par des *failles*, orientées comme celles entre lesquelles les couches sont aujourd'hui

refoulées et repliées sur elles-mêmes, sur un espace évidemment bien plus étroit.

Dans la quatrième zone, le terrain *houiller* manque, et les *schistes cristallins* anciens sont recouverts directement, sans discordance sensible, par le *Trias*, dont les étages inférieurs sont généralement peu développés : l'étage supérieur, au contraire, celui des *schistes lustrés*, acquiert, presque partout, une épaisseur extraordinaire. Ainsi cette zone, qui était à l'état de terre ferme, plate, pendant l'époque *houillère*, s'est affaissée inégalement pendant le commencement de la période *triasique*, puis graduellement, de plusieurs milliers de mètres, dans la plus grande partie de son étendue, pendant la fin de cette période. Le même mouvement se produisit dans la partie nord de la *deuxième zone*, en Tarantaise et en Valais, tandis que la *troisième zone* et la *première* ne recevaient que des sédiments moins épais, dans lesquels les dépôts gypseux ont une importance relative plus grande.

Le *Lias* et quelques représentants plus ou moins caractérisés d'autres étages jurassiques présentent aussi dans leur développement et leur structure des variations considérables, en rapport avec les diverses zones alpines; mais ces faits sont moins faciles à préciser, à cause des dénudations plus étendues que ces terrains ont éprouvées.

Reportons-nous maintenant vers la limite extérieure de la *première zone* alpine. Elle confine, de ce côté, à la *région des chaînes subalpines*, qui se caractérise nettement par le développement des étages jurassiques supérieurs et des étages crétacés, que nous n'avons eu à citer dans aucune de nos quatre zones de la *région alpine*.

Aux environs de Grenoble, la limite entre ces deux régions est marquée de la manière la plus nette par la grande vallée de l'Isère, ou vallée du Grésivaudan, qui a pour origine une grande *faille*, masquée par le creusement de la vallée, entre Grenoble et le confluent de l'Arc, mais devenant bien visible, un peu plus en amont, à Grésy, aux environs d'Albertville, et dans sa continuation vers le nord.

Il est à remarquer que c'est au bord même de cette *faille* que l'ensemble des étages jurassiques et crétacés propres à la zone subalpine (du *Kellowien* au *Sénonien supérieur*) présente la plus grande puissance et se termine par ces magnifiques escarpements calcaires qui contrastent si nettement avec les formes des montagnes alpines auxquels ils font face. Dans celles-ci, en effet, on ne rencontre que des étages plus anciens, qui n'affleurent que rarement dans la région subalpine ; et il est permis de croire que la limite si tranchée qui existe aujourd'hui entre ces deux ensembles ne peut pas être bien éloignée de marquer la position des rivages auxquels s'arrêtaient ces

dépôts successifs, propres à la région subalpine, depuis le *Kellowien* jusqu'au *Sénonien* à Bélemnitelles. Or, dans cette série d'étages, épaisse de plus de 2.000 mètres, il y a des lacunes, il y a eu des interruptions considérables dans les sédiments ; dans chacun de ces étages, on trouve des couches qui n'ont pu être formées que sous des eaux peu profondes ; aucune trace de dérangements des couches inférieures, aucun caillou roulé, provenant des terrains de la région alpine. Ces circonstances supposent que, durant une longue suite d'époques géologiques, une grande *faille* s'est produite lentement, sans secousses violentes, suivant une direction qui ne pouvait pas être bien éloignée du tracé de la faille actuelle de la vallée de l'Isère ; que le bord supérieur de cette faille, la région des chaînes alpines actuelles est restée, pendant tout ce temps, une terre basse, sans falaises notables, tandis que l'autre bord de la faille s'affaissait tranquillement, à mesure que les sédiments s'accumulaient, de manière que ceux-ci ne se formaient, généralement, qu'à de faibles profondeurs ; que cet affaissement a eu, toutefois, de longues intermittences, correspondant à des lacunes dans la série des sédiments ; et que le jeu tranquille de cette faille a continué, dans ces conditions, de manière à donner lieu à une dénivellation totale d'environ 2 000 mètres, depuis l'époque *kellowienne* jusqu'à celle de la *Craie* de *Meudon*.

Il me semble résulter de ces considérations, pareilles à celles que j'ai présentées tout à l'heure, à propos de divers terrains de la *région alpine*, des notions intéressantes sur le travail lent et tranquille des grandes *failles* et sur le rôle qu'elles ont joué comme *anciens rivages* dans les bassins géologiques des pays de montagnes.

La région des chaînes subalpines confine elle-même, dans nos environs, aux derniers prolongements des chaînes du Jura, dont elle n'est plus séparée, comme en Suisse, par une large dépression, ni même, comme à Chambéry, par une vallée, celle du lac du Bourget. Le vallon que nous avons suivi pour aller de Voreppe à Saint-Laurent du Pont est le dernier représentant de cette séparation entre le Jura et les chaînes subalpines, et ce vallon correspond à une grande *faille*, la *faille de Voreppe*, se continuant au nord jusqu'au delà de la limite du département. A l'ouest de cette faille, nous rencontrons le calcaire coralligène de l'Echaillon et même, un peu plus au nord, des représentants des derniers étages jurassiques, tels qu'ils sont dans le Jura, et du dépôt lacustre qui les a terminés ; à l'est, au contraire, les couches dites *tithoniques*, l'assise du *ciment* de la Porte-de-France, ou *zone de Berrias*, et les marnes *infrà-néocomiennes*, série d'assises dont il n'existe aucune trace dans le Jura.

La délimitation de ces dépôts, si différents de part et d'autre et objets de tant de contestations, correspond donc encore à une ligne de fracture, dont la dernière manifestation, sous forme de *faille* est postérieure à la *Mollase*, mais qui remontait sans doute à une époque bien plus ancienne, et dont le jeu a eu son influence marquée, sur l'étendue et les caractères des différents sédiments qui ont été formés, dans ces parages, particulièrement pendant les époques de passage de la période jurassique à la période crétacée.

Ainsi :

Ancienneté très reculée de toutes les grandes lignes de fracture, dont on peut affirmer, au moins pour plusieurs, qu'elles sont antérieures à la période *houillère;*

Leur jeu tranquille, continu ou intermittent, se manifestant pendant une longue série de périodes géologiques, et déterminant les limites d'extension, les variations d'épaisseur et de caractères de divers terrains de sédiment ;

Subordination des plissements, soit anciens, soit récents, dans leur direction, à ces grandes lignes de fracture, et dans leur étendue transversale, aux zones délimitées par elles ;

Adaptation des terrains supérieurs, *flexibles*, par des affaisements et des glissements graduels, et par des *plissements* multipliés, aux nouvelles formes des terrains rigides sous-jacents, disloqués par des *failles ;*

Tels sont, ce me semble, les conclusions qui se déduisent clairement de l'étude de cette partie des Alpes, et qui, j'en suis convaincu, trouveront leur application dans bien d'autres contrées et dans bien des questions relatives à l'origine et à la structure des montagnes.

Je demanderai la permission de reproduire ici quelques-uns des aperçus que je présentais, à ce sujet, dans la séance du 29 août 1878 du Congrès international de Géologie, réuni à Paris (1) :

« Ces plis du Jura ou de nos chaînes subalpines, dans lesquels ne » se trouve intéressé qu'un ensemble limité de terrains, tous con- » cordants, ne descendant pas plus bas que le *Trias*, me paraissent, » de tous points, comparables aux plis du *Trias* et du *Lias* dans nos » massifs de l'Oisans. Mais, sous ces derniers, à la faveur de pro- » fondes coupures transversales, nous pouvons voir un soubassement » formé de terrains anciens, qui n'ont point subi ces plissements, » qui ont été seulement fracturés par des *failles*, en conservant les

(1) *Comptes rendus sténographiques du Congrès international de Géologie en* 1878 ; Paris, 1880, p. 42.

» inclinaisons et les orientations qu'ils devaient à des mouvements
» d'une autre époque. N'est-il point probable que nous trouverions
» quelque chose d'analogue, si nous pouvions sonder ce qu'il y a
» sous le Jura ou sous les chaînes crétacées de la région subalpine? »

Quelques rares affleurements, sur la limite occidentale du Jura, la Serre, près de Dôle et Chamagnieu, près Crémieu (Isère) attestent que nous trouverions la continuation des Vosges ou du Plateau Central, c'est-à-dire des massifs de terrains anciens, *faillés* ou anciennement plissés, mais dans lesquels il ne s'est pas produit de nouveaux plissements pendant les périodes secondaires et tertiaires.

Les plissements des terrains stratifiés du Jura ou des chaînes subalpines ne sont donc, en définitive, que des phénomènes que l'on pourrait appeler *superficiels*, limités à une certaine épaisseur de terrains stratifiés concordants entre eux. Le soubassement, formé de terrains anciens, déjà consolidés, comme en Oisans, n'a pas été affecté par ces plissements, relativement récents; mais il a été découpé par des *failles*, le plus souvent suivant des directions qui s'étaient déjà montrées dans ses dislocations plus anciennes. Les compartiments ainsi déterminés ont glissé et chevauché, les uns par rapport aux autres, en prenant des inclinaisons diverses. Dès lors, si l'on tient compte de la flexibilité et de la plasticité relatives des couches encore horizontales, de leur mobilité par glissement les unes sur les autres, faits qui sont si bien mis en évidence par l'étude de toutes les montagnes plissées, on peut se représenter un ensemble d'étages stratifiés, s'affaissant graduellement, sous son propre poids, et se modelant sur les inégalités de sa base disloquée.

Les résultats de ces actions ont pu être divers. Si les terrains horizontaux étaient peu épais, et composés principalement de bancs fragiles (tels que grès, oolithes, etc.), les *failles* du soubassement s'y seront continuées, et il en est résulté des districts *faillés*, avec peu ou point de plissements. Tels sont, par exemple, les bas plateaux du Jura français, depuis la Haute-Saône jusqu'à Crémieu et Morestel (Isère). Si au contraire les terrains horizontaux étaient très puissants, s'ils contenaient de grandes assises argileuses, éminemment plastiques, alternant avec des assises de calcaire à pâte fine, le tout sur des épaisseurs de mille, deux mille mètres ou plus, ils ont formé un ensemble peu fragile, où ne se sont propagées que les failles d'importance majeure; et le glissement d'un pareil ensemble sur sa base disloquée et à inclinaisons variables a donné lieu à des pressions énormes, d'où sont résultés des *plissements*, toujours en rapport avec la puissance des terrains ainsi mis en mouvement et avec les pentes résultant des dénivellations de leur base. Il s'est produit alors des

combinaisons de *failles* et de *plissements;* et toutes les fois qu'il s'y rencontre une faille d'importance majeure, quant à son étendue en direction et à la dénivellation qu'elle a déterminée, les plissements voisins lui sont essentiellement subordonnés. Là où les failles sont importantes et peu distantes les unes des autres, les plis synclinaux ou anticlinaux sont rarement réguliers et complets ; tel est le cas du massif de la Chartreuse, comme le montrent nos coupes de la pl. XVI. Lorsque les failles diminuent d'importance et laissent entre elles plus d'espace, les plis réguliers se développent largement ; c'est ce que nous voyons dans nos massifs de Lans, du Royans et du Vercors, entre l'Isère et la Drôme. Enfin, dans certains districts, les grandes failles tendent à disparaître, et l'orographie peut être résumée en plis synclinaux et anticlinaux : c'est le cas pour une grande partie du midi de la Drôme, avec des plis anticlinaux très largement ouverts ; c'est aussi, comme tout le monde le sait, le type classique du Jura Bernois; mais je ne crois pas m'avancer trop, en disant que ce type, dans sa simplicité si régulière, est *exceptionnel* et ne me paraît pas susceptible d'être pris comme formule générale des théories orogéniques.

J'ai tenu, dans cet exposé, à rester autant que possible, dans le domaine des faits, sans les rattacher à aucune hypothèse systématique. Toute l'histoire des formations sédimentaires se résume en de vastes affaissements, qui l'ont toujours emporté, de beaucoup, sur les exhaussements et même les simples émersions : ces phénomènes ont amené la disproportion qui existe, aujourd'hui, entre le volume des mers et celui des saillies continentales, malgré la grande quantité d'eau qui a été fixée dans les couches du sol. Ce n'est donc pas sortir des données de l'observation que de poser en principe l'affaissement général et progressif de l'écorce terrestre.

Les mouvements de ses diverses parties ont été déterminés par une cause commune, qui n'est autre que la *pesanteur ;* mais les différences de structure et de cohésion ont occasionné des *fractures*, suivies d'*affaissements inégaux :* ce sont les accidents les plus généraux, dans les pays de plaines et de plateaux, aussi bien que dans les régions montagneuses ; ce sont les *failles.*

Les mêmes causes ont aussi donné lieu à des *glissements* très étendus, surtout dans les étages supérieurs de la croûte terrestre, et à des *pressions latérales*, des *refoulements*, sur certaines zones de terrains qui sont devenus les *montagnes plissées.*

Mais, comme nous l'avons vu par l'analyse ci-dessus de la structure des Alpes occidentales, *ces plis sont subordonnés à de grandes fractures*

initiales : ils se sont produits à des époques déterminées, par des crises relativement assez rapides, tandis que nous avons vu les *failles* jouer lentement et d'une manière permanente, durant de longues périodes géologiques, et déterminer ainsi l'extension et les variations des différents terrains, par suite les surcharges qui ont rompu de nouveau l'équilibre et préparé ou amené de nouvelles crises de *plissement.* L'importance de celles-ci n'est pas, par là, diminuée, mais celle des *failles* s'en trouve notablement accrue.

Les idées que je viens de développer résultent trop naturellement de l'observation des faits pour que j'aie la prétention de les présenter comme nouvelles. Mais j'ai cru devoir les résumer, dans cette séance, parce que, dans le cours de nos explorations de cette semaine, les études sur le terrain m'avaient amené maintes fois à les appliquer et à en provoquer la discussion, qui, de la part de plusieurs de nos confrères, m'avait paru ne pas leur être défavorable.

Au sujet de cette communication de M. Lory, M. **Renevier** demande la parole et présente les observations suivantes :

M. Lory nous représente les *plis* comme un phénomène accessoire des *failles*. Je pense au contraire que ce sont deux phénomènes concomitants, résultant de la même cause, la contraction de l'écorce terrestre, produite par le refroidissement du globe. Dans les Alpes, et spécialement dans les Alpes latérales nord, le phénomène de plissement me paraît incontestablement le plus important des deux : les failles n'en sont, à mon sens, qu'un cas accessoire, plus ou moins accidentel.

Il faut soigneusement distinguer entre les failles longitudinales et les failles transversales. Les *failles longitudinales* sont généralement, dans nos Alpes, le résultat d'un plissement excessif : la tension était trop forte pour laisser subsister la continuité des couches; il y a eu dislocation sur une certaine longueur; une des lèvres est retombée, tandis que l'autre a pu être soulevée par un effet de torsion, à une hauteur plus ou moins grande. En suivant ces failles dans leur longueur, on les voit souvent diminuer d'importance, et se résoudre en un plan anticlinal, comme on l'a reconnu récemment pour la faille du pays de Bray.

Les *failles transversales* sont, au contraire, le résultat d'une tension inégale ou d'un inégal plissement sur deux lignes parallèles; de là, rupture entre les deux, normalement aux plis. J'ai constaté plusieurs failles semblables, dans les Alpes Vaudoises, qui mettent parfois en contact, longitudinalement, une synclinale avec une anticlinale. On en a de magnifiques exemples dans la chaîne du Sentis. M. Hœrnes

dans ses *Études sur les tremblements de terre* (1) signale une faille semblable aux environs de Belluno, qui coïncide avec la direction des secousses (*stosslinie*) du tremblement de terre du 29 juin 1873.

M. **Lory** répond qu'il ne rejette nullement l'idée théorique de la contraction intérieure du globe, résultant de son refroidissement. C'est une hypothèse à laquelle on a peut-être trop souvent eu recours pour expliquer différents phénomènes ; mais l'ensemble des faits indique un affaissement général des océans pendant la série des périodes géologiques, et c'est là le point capital. Les régions montagneuses sont des parties faibles de l'écorce terrestre : elles ont eu leurs mouvements propres, pendant que de grands compartiments s'affaissaient régulièrement et tranquillement : c'est ce qui fait que les diverses zones alpines ont des constitutions si différentes.

Mais il semble difficile d'admettre que, parce qu'un terrain a été plissé anciennement, il n'en est que plus apte à se plisser encore. C'est une idée que paraissent avoir soutenue plusieurs géologues, pour expliquer, uniquement par des plissements, les rapports des terrains secondaires avec les terrains anciens (*schistes cristallins*) dans les Alpes Bernoises, où ils se présentent dans les mêmes conditions qu'en Oisans. Les *schistes cristallins* sont aussi fortement redressés et comprimés dans les endroits où le *Lias* est resté horizontal que dans ceux où ce dernier est lui-même très incliné. Les plissements des schistes cristallins, tels qu'ils sont dans la *première zone alpine*, ont exigé des pressions latérales énormes, surtout quand ces pressions ont abouti à la formation de plusieurs plis anticlinaux juxtaposés, comme nous l'avons vu dans l'ensemble des massifs de Belledonne, des Grandes-Rousses et du Pelvoux. Les schistes cristallins ainsi plissés, rompus partiellement par ces plis si aigus, ensuite usés et rabotés sur leurs tranches, pendant la période *pénéenne* (et souvent aussi la période *triasique*) n'ont plus été capables de se prêter à de nouveaux plissements ; ils n'ont pu que se rompre par des *failles*, ou glisser les uns sur les autres, suivant leurs plans de stratification.

On ne doit pas oublier que l'écorce du globe est pesante, et que c'est sous l'action de la pesanteur, c'est-à-dire de forces *verticales*, qu'elle doit tendre à s'affaisser sur la masse intérieure, si celle-ci vient à diminuer de volume. L'écorce terrestre ne saurait être comparée à l'enveloppe d'un ballon de caoutchouc, qui, lorsque l'on vient à diminuer la pression intérieure, se plisse, par sa propre élas-

(1) R. Hœrnes, *Erdbeben-Studien* (*Jahrb. K. K. geol. Reichsanstalt*, vol. XXVIII, 1878).

ticité. Les forces *verticales* qui sollicitent l'écorce terrestre à s'adapter sur la masse interne ne peuvent déterminer des *plissements* que par suite des inégalités d'affaissement, de résistance et de flexibilité des diverses parties de l'écorce.

Dans les pays de plaines, les *failles* sont souvent aussi nombreuses que dans les pays de montagnes, et ordinairement elles s'y sont produites *sans pli;* elles ne sont donc point des conséquences du plissement, mais bien un fait beaucoup plus général.

Cela n'empêche nullement, bien entendu, qu'il se rencontre certaine *failles* d'un caractère spécial, résultant d'un *excès de ploiement*, comme celles dont a parlé M. Renevier, et dont les travaux classiques de Thurmann et de Gressly ont fait connaître, depuis longtemps, de nombreux exemples.

Au sujet des *fractures transversales*, M. **Lory** ajoute les observations suivantes :

Des fractures transversales à la direction des couches se rencontrent encore assez fréquemment, dans nos Alpes françaises, sous forme de *failles* proprement dites; mais elles sont surtout importantes sous la forme de grandes *coupures*, ou *cluses complexes*, que les eaux ont déblayées, et qui ne sont pas, pour cela, de simples vallées d'érosion. J'ai indiqué depuis longtemps, et surtout avec beaucoup de détails, dans une notice remontant à quelques années (1), que ces coupures transversales étaient assujetties à des directions déterminées, qui ne sont autres que celles des chaînes ou des *failles* longitudinales, dans quelque autre partie des Alpes; qu'elles correspondaient presque toujours à des changements de direction des chaînes ou à des rejets bien marqués des *failles* auxquelles ces chaînes elles-mêmes sont coordonnées. Ces rejets ou ces changements de direction n'ont pu avoir lieu sans des tensions locales exceptionnelles, et les déchirures transversales en ont été les conséquences nécessaires.

C'est ainsi que la grande coupure transversale de l'Isère, de Grenoble à l'Échaillon, correspond à une déviation des chaînes, passant de la direction N. 8° E., qu'elles ont dans les massifs de Lans et du Vercors, à la direction N. 25° E., caractéristique du massif de la Chartreuse. La différence des inclinaisons des diverses assises, d'un côté à l'autre de cette grande coupure (pl. XVI, fig. 1 et 2), nous a frappé et est une preuve bien évidente que ce n'est pas une simple vallée d'érosion. La direction est à peu près N.N.O., et il en est à peu

(1) *Annuaire du Club Alpin français*, 1878; et *Essai sur l'orographie des Alpes occidentales*, Grenoble, in-8°, même année.

près de même pour les autres grandes coupures analogues, depuis le bas Valais jusqu'à Grenoble et au Bourg-d'Oisans. Or cette direction, qu'Elie de Beaumont appelait le *système du Viso*, devient en effet la direction caractéristique des chaînes, des accidents longitudinaux, dans la région des Alpes maritimes.

A côté de cette grande coupure, mais dans une direction toute autre, qui serait celle des traits longitudinaux du relief alpin dans le haut Valais, la Société pu apercevoir aussi la trace d'une *faille transversale* très curieuse, celle qui termine brusquement, à Parizet, la grande crête urgonienne du Veymont et de la Moucherolle (direction N. 8° E.), et qui donne lieu à une combinaison de dislocations locales, d'où résultent les formes insolites de la roche des Pucelles, près du village de Saint-Nizier, formée de calcaire *urgonien* redressé en lames verticales. Cette faille, dont le tracé peut être suivi facilement, du village de Seyssinet jusqu'au pied des roches des Pucelles et du Bec-d'Ane, déprime à 800 mètres en dessous de la dernière sommité de cette chaîne (le signal de Moucherolle, 1,906 m.) le plateau cultivé et boisé de Saint-Nizier, formé de *Mollasse* et de *Craie à silex*, dont les couches descendent en s'infléchissant régulièrement vers la vallée de Lans et vers celle de Grenoble, et contrastent ainsi par leurs allures avec les calcaires urgoniens, abrupts et fortement inclinés vers l'ouest, qui forment le bord supérieur de la faille.

Un autre exemple assez intéressant de *faille transversale* dont la direction est à peu près du N.E. au S.O., a été signalé par M. Alph. Favre, sur le plateau de l'Alpette, entre Chapareillan et Entremont-le-Vieux ; les couches de la craie *sénonienne*, plissées en fond de bateau, dans la direction N.-N.-E., butent contre la tranche de la masse escarpée de calcaire *urgonien* qui forme la Dent de Granier. Cette petite faille n'a guère qu'un kilomètre de long, mais elle est tellement nette que M. Alph. Favre paraît la citer comme l'exemple le plus probant de ce genre de dislocation qu'il ait eu l'occasion d'étudier (1). Je n'ai pas besoin de dire que ce n'est qu'à titre de *faille transversale* qu'elle me paraît digne d'être mentionnée dans une région où les failles longitudinales sont les traits fondamentaux de la structure orographique.

M. Hébert fait remarquer que la discussion intéressante qui vient d'avoir lieu entre M. Renevier et M. Lory a fait connaître à la Société un grand nombre de faits nouveaux qu'elle ne pouvait apprendre que de géologues profondément familiarisés avec l'étude des

(1) Alph. Favre. *Recherches géologiques*, t. III, p. 517.

Alpes. Les désaccords qui semblent exister entre eux tiennent sans doute beaucoup aux différences de structure entre les Alpes suisses et les Alpes occidentales. Au point de vue de l'interprétation des faits, dans la région que la Société vient de visiter, M. Hébert se rallie aux idées de M. Lory; mais les vues théoriques générales exposées par M. Renevier sont conformes à celles qui étaient professées par Élie de Beaumont.

M. **Hébert** fait ensuite la communication suivante :

Sur la position des calcaires de l'Échaillon dans la série secondaire,

Par M. **Hébert.**

Depuis plus de quinze ans que j'ai commencé à m'occuper des calcaires de l'Échaillon et des couches plus anciennes ou plus récentes qui les avoisinent, j'ai cherché à approfondir cette délicate question, en l'étudiant sur place, non seulement dans le midi de la France, dans les Alpes et les Cévennes, mais dans presque tous les points de l'Europe où ces assises viennent se montrer. Mes anciennes consclusions (1), loin d'être ébranlées par ces investigations, ont été singulièrement fortifiées dans leur ensemble, sinon dans les détails ; je puis donc les formuler nettement.

Le calcaire de l'Échaillon, identique avec celui de Rougon (Basses-Alpes), du bois de Mounié (Cévennes), de Wimmis (Suisse), d'Inwald (Carpathes), etc., etc., a une faune qui le classe d'une manière absolue dans la division qu'on appelle le *Coral-rag* (étage corallien, d'Orb.), et dont les types classiques sont Chatel-Censoir, Tonnerre, Angoulins, et dans le Jura, Valfin, Oyonnax et bien d'autres localités; dans l'Allemagne du Sud, Nattheim et Keilheim représentent cette faune.

Partout où le *substratum* est visible, il est constitué par les couches à *Ammonites tenuilobatus* et *A. Achilles*, qui par conséquent doivent être considérées comme la partie la plus supérieure de l'*étage oxfordien.*

Dans le midi de la France, à l'Échaillon comme à Rougon, c'est la division néocomienne appelée *Valanginien* qui recouvre immédiatement le calcaire de l'Échaillon.

(1) Plusieurs fois exprimées dans notre Bulletin et notamment, 3e série, t. II, p. 148 à 163, 1874.

Dans le Jura méridional, ce sont les couches dites ptérocériennes, de même que dans l'Aquitaine, le Corallien d'Angoulins est compris entre les calcaires à *Ammonites Achilles* de la Rochelle et les couches ptérocériennes de Chatelaillon.

Il n'est donc pas possible d'avoir la moindre incertitude sur la place du calcaire de l'Échaillon. Il est antérieur à l'*étage kimméridien* de d'Orbigny (1).

La seule chose qui n'ait point été démontrée d'une manière positive, c'est sa position par rapport au *calcaire à Astartes*. On peut discuter sur ce détail : quant à moi, considérant le calcaire à Astartes comme intimement uni au *Ptérocérien* et faisant partie intégrante du grand étage kimméridien, ma conviction est qu'il est postérieur au calcaire de l'Échaillon.

Dans tous les cas, il manque, dans le midi de la France (Alpes, Provence et Cévennes), les assises ptérocériennes, virguliennes, portlandiennes et purbeckiennes ; cela me paraît absolument démontré.

D'autre part, à peu de distance de l'Échaillon, à Grenoble, il existe, entre le calcaire à *Ammonites tenuilobatus* et le Valanginien, une série d'assises qui ont été groupées ainsi de bas en haut.

1° Calcaires à *Ammonites transitorius* et *Terebratula janitor*, et calcaire lithographique d'Aizy ;

2° Couches de Berrias ;

3° Marnes à *Belemnites latus*.

Chacune de ces divisions possède une faune fort riche, qui permet d'en constater la présence, non seulement dans le midi de la France, mais aussi à l'étranger et dans les mêmes contrées où nous avons constaté l'existence du calcaire de l'Échaillon.

Nous possédons à la Sorbonne de magnifiques collections recueillies par nos élèves, par nos amis et par nous-même, du calcaire à *Diceras Lucii* de toutes les parties de l'Europe, et des trois divisions que nous venons d'indiquer.

Il est facile de voir immédiatement qu'il n'y a rien de commun entre la faune de l'Échaillon et la faune des calcaires à *Ammonites transitorius*, bien que dans chaque région, à peu de distance d'un lambeau de terrain appartenant à l'une des deux faunes, on rencontre presque toujours un lambeau de terrain appartenant à l'autre.

Ainsi, de l'extrémité des Cévennes aux Carpathes, on a une série de témoins, à faune riche et identique, prouvant l'ancienne existence

(1) C'est M. Lory (Bull., 2e série, t. XXIX, 1871, p. 80) qui a dissipé les doutes qui avaient été jetés sur l'âge du calcaire de l'Échaillon.

d'un dépôt continu, effectué par une mer qui nourrissait les mêmes animaux dans toute cette étendue ; ces animaux, c'étaient les *Ammonites transitorius*, *senex*, *Liebigi* et cent autres.

Parallèlement à cette série de témoins, s'en présente une autre o ce sont toujours les *Diceras Lucii*, *Terebratula moravica*, etc., que l'on rencontre, à l'exclusion des précédents.

De ce que ces deux séries, si étrangères l'une à l'autre, reposent souvent sur le même *substratum* (les couches à *A. tenuilobatus*), serait-il permis de les considérer comme contemporaines ? Ce serait le renversement des lois de la paléontologie. Je ne m'arrêterai donc pas à discuter cette hypothèse.

Chacune de ces séries représente une époque distincte, pendant laquelle la faune marine s'est développée seule et sans mélange (1), avec l'autre.

J'ai dit que les deux séries reposent souvent sur le même *substratum*, mais cela est loin d'être général.

En Italie, dans l'Apennin central, les calcaires, dits tithoniques, à *Amm. transitorius* reposent sur l'Oolithe inférieure, ou sur le Lias supérieur, d'après M. Zittel ou M. Canavari (2).

Il est recouvert par le Néocomien, duquel il est souvent difficile de le séparer (3).

En Suisse, M. Moesch a démontré par des coupes fort nettes (4) que les couches à *Amm. senex*, *Lorioli*, *Richteri*, *Terebratula diphya*, *Bouei*, *carpathica*, reposent sur les calcaires coralliens à *Diceras Lucii*, *Terebratula moravica*, etc.

Il semble que la question devrait être définitivement résolue (5), puisque les calcaires à *Ammonites transitorius* reposent tantôt sur le Corallien à *Diceras Lucii*, tantôt sur l'Oxfordien à *Amm. tenuilobatus*,

(1) Jusqu'ici on n'a pas cité de fossiles communs entre les deux faunes, mais on en a assez fréquemment cité de communs entre la faune des couches à *A. tenuilobatus* et celle des couches à *A transitorius.* Toutes les fois que j'ai pu aller vérifier ces assertions sur place, j'ai reconnu, ou bien que le gisement était plus que douteux, ou bien qu'il y avait erreur de détermination. Néanmoins, je ne verrais aucune impossibilité à un retour d'espèces, et je l'admettrai *quand on me l'aura démontré.*

(2) Zittel, p. 103, 109, etc., 1869. — Canavari, Bull. del R. Com. Geol. d'Italia; 1880, p. 54, 57 et 254.

(3) M. Zaccagna, Bull. Com. Geol. Italia, p. 240, réunit en effet le Tithonique au Néocomien. L'ensemble repose sur le Lias.

(*Note ajoutée pendant l'impression*).

(4) *Bull.*, 3e série, t. II, p. 148 à 163; 1874.

(5) M. Stutz, plus récemment (1882), vient de publier une nouvelle coupe montrant la même superposition.

(*Note ajoutée pendant l'impression*).

tantôt sur l'Oolithe inférieure ou Bajocien, tantôt enfin sur le Lias, ils sont : 1° complètement indépendant de la série jurassique; 2° postérieurs à l'étage corallien de l'Échaillon.

Il y a donc, à la Porte-de-France, une lacune incontestable. L'absence du calcaire de l'Échaillon prouve que rien ne s'est déposé à Grenoble pendant tout le temps qu'a duré le dépôt de cette puissante assise.

Voyons maintenant quels rapports il y a entre les calcaires à *Ammonites transitorius* et les assises qui les recouvrent.

Au point de vue paléontologique, il n'est nié par personne qu'il n'y ait bon nombre d'espèces communes entre la faune qui accompagne l'*Amm. transitorius* et celle des calcaires de Berrias, de même qu'entre celle-ci et les calcaires marneux véritablement néocomiens.

Au point de vue paléontologique, les trois assises qui, à Grenoble, séparent la zone à *A. tenuilobatus* du Valanginien, doivent donc être groupées ensemble à la base du terrain crétacé, et être complètement détachées de la série jurassique.

La stratigraphie conduit à la même conclusion ; car si le calcaire à *Amm. transitorius* recouvre transgressivement toute la série jurassique, il est, au contraire, toujours suivi en concordance et en liaison intime par les couches de Berrias et les marnes néocomiennes. Si quelquefois Berrias paraît manquer, c'est que sa fusion est complète avec les couches limites inférieures et supérieures.

Toutes ces conclusions me paraissent établies sur des faits nombreux et précis.

Reste l'explication de la disposition actuelle de ces divers groupes de couches. Ceci est une donnée un peu plus théorique, et que je soumets aux discussions, ou au contrôle des observateurs.

Je m'inclinerai volontiers devant toute autre explication plus satisfaisante, qui ne modifierait pas les résultats positifs tirés de la stratigraphie et de la paléontologie.

J'admets que des mouvements du sol et des érosions (1), ont dé-

(1) Ces dénudations ont laissé des preuves nombreuses : Il existe souvent, à la base des couches à *Amm. transitorius*, des brèches et de véritables conglomérats. J'en ai signalé plusieurs exemples. Voici une coupe, prise au Luc-en-Diois (Drôme), au lieu dit la Clape-de-Luc, par M. Garnier, qui est très intéressante sous ce rapport :

8° Marnes néocomiennes;
7° Calcaires marneux de Berrias;
6° Petits bancs de poudingues;
5° Calcaires blancs ou bruns avec *Ammonites ptychoïcus*, *A. Malbosi*, *A. calisto?* d'Orb . . . . 5 à 6 m.

terminé une partie des discontinuités qui séparent aujourd'hui les lambeaux du calcaire de l'Échaillon, de Rougon, etc. Le sol a été émergé dans le Midi, pendant toute la période du dépôt jurassique supérieur du Nord, du Kimméridien au Purbeck compris, et a constitué un bassin dont le fond était formé, en France, par les calcaires à *Amm. tenuilobatus*, et dont les bords, plus ou moins relevés, l'étaient par le calcaire de l'Échaillon ; mais en Suisse, le fond était quelquefois formé par le calcaire à *Diceras Lucii* lui-même.

Pendant que la période crétacée commençait dans le nord de l'Europe par la sédimentation des puissants dépôts wealdiens, sables et argiles, apportés par d'énormes courants d'eau douce, la mer, par suite d'un affaissement général des contrées méridionales de l'Europe, rentrait au sud, apportant à l'est des Cévennes, au sud du Plateau Central, du Jura, des Vosges et de toute la chaîne hercynienne, des sédiments qui ont successivement comblé le fond des dépressions, au pied des coteaux coralliens, dont ils ont pu quelquefois (Aizy et Lemenc) remanier des fragments.

Ces sédiments, ce sont les assises de Grenoble qui manquent à l'Échaillon, ce sont les calcaires à *A. transitorius*, les calc. lithographiques d'Aizy, les couches de Berrias, les marnes à *A. latus*. Ce n'est qu'après le dépôt de ces dernières, que la mer crétacée a recouvert, à l'Échaillon et à Rougon, les collines coralliennes qui formaient ses rivages, ainsi que l'indique le diagramme ci-joint.

GRENOBLE		L'ÉCHAILLON	
Terrain crétacé	*Calcaire valanginien*	*Calcaire valanginien*	
	Marnes à Bel. latus	*Calcaire à Diceras Lucii*	Terrain jurassique
	Couches de Berrias		
	Calc. lith. d'Aizy.		
	Calc. à Am. transitorius		
Ter. jurassique.	*Zône à Ammonites tenuilobatus*		

Suite de la note 1, *p.* 686.

4° Calcaires très fossilifères ; poudingues à la base. . . . 3 à 4 m.
Amm. ptychoïcus, A. Liebigi, Terebratula janitor, T. Euthymi, Cidaris glandifera.

3° Alternances de calcaires blancs et en rognons avec des poudingues, sans fossiles, au moins. . . . . 30 m.

2° Gros bancs bréchiformes, au moins . . . . 30 m.

1° Calcaire à *Ammonites polyplocus.*

(Valence, 12 février 1878.)

Mais lorsque les dénudations avaient enlevé la partie supérieure des couches coralliennes, les sédiments crétacés débordaient plus tôt. C'est ainsi que dans les Cévennes, auprès de Saint-Hippolyte-du-Fort, ce sont les couches de Berrias qui recouvrent le Corallien inférieur.

De là, à la base de la série crétacée, il existe une lacune variable, de sorte que le tableau suivant pourra représenter les véritables relations qui existent entre les couches dont il a été question ci-dessus, dans les principales contrées de l'Europe (1).

	ANGLETERRE ET HANOVRE	JURA	ALPES
Terrain crétacé.	Calcaire à Spatangues et Valanginien.		
	Argiles du Weald. Sables de Hasting.	Manquent.	Marnes à *Bel. latus.* Couches de Berrias. Calcaire à *Amm. transitorius.*
Terrain jurassique.	Calc. de Purbeck. Calc. portlandien. Kimmeridge-clay. Ptérocérien et calc. à Astartes	? Portlandien. Virgulien. Ptérocérien et Astartien	Manquent.
	Coral-rag.	Corallien.	Calc. à *Diceras Lucii.*

M. **Jannettaz** appelle de nouveau l'attention sur les faits qu'il a signalés au commencement de cette discussion (V. p. 649). Ils lui paraissent décisifs pour démontrer que les plissements ont été accompagnés de très fortes pressions, et que ces actions mécaniques ont pu déterminer, dans les roches, une structure complètement cristalline.

M. **Lory** fait remarquer qu'il suffit de jeter les yeux sur un profil représentant un ensemble de plis alternativement synclinaux et anticlinaux, pour comprendre qu'ils n'ont pas pu avoir lieu sans des *glissements* assez étendus des couches les unes sur les autres. Aux sommets de courbure, il y a eu *compression* ou *tension maxima;* de là

(1) On remarquera que, en ce qui concerne les couches en discussion, ce tableau est d'accord avec celui que M. Lory a publié en 1869 (Geol. Mag., t. VI, p. 252).

des modifications physiques, comme celles qui sont signalées par M. Jannettaz. Au contraire, vers les points d'inflexion, où le sens de la courbure change, il y a eu *glissement maximum* des couches les unes sur les autres, et la quantité de ce déplacement est déterminée par la différence de longueur des arcs concentriques du profil. De quelque manière que le pli ait été formé, il a dû exiger le même travail mécanique et les modifications de structure dans la roche ont dû être les mêmes ; il ne semble donc pas qu'on puisse rien en conclure, quant au mécanisme du plissement. Il ne faut pas oublier que notre *Lias* des Alpes occidentales avait des épaisseurs de 1,500 ou 2,000 mètres, et que c'est ainsi par plusieurs centaines d'atmosphères qu'il faut évaluer les pressions résultant seulement du poids de ce terrain en mouvement.

M. Gosselet fait observer que l'on peut très bien concilier les faits allégués par M. Jannettaz avec les idées de M. Lory. M. Jannettaz pense à une *force latérale* qui pousse les deux bords d'un bassin l'un vers l'autre ; mais les mêmes effets peuvent résulter des mouvements supposés par M. Lory.

Que l'on considère un ensemble de couches argileuses ou argilo-calcaires posées horizontalement sur les tranches des schistes cristallins, à peu près verticaux. Si ces schistes viennent à glisser les uns sur les autres, ceux de la partie médiane restant immobiles et les autres glissant de plus en plus, de part et d'autre, les couches horizontales qui reposaient sur leurs tranches ainsi déplacées se courberont en forme de voûte, de *pli anticlinal*, et il y aura *distension* au sommet de cette voûte. Si, au contraire, les deux bords sont supposés immobiles, et que le glissement aille en croissant des deux côtés jusqu'à la partie médiane, le dépôt supérieur s'affaissera en forme de gouttière, de *pli synclinal*, et il y aura *compression* au point le plus bas de la courbure. Si ces mouvements se sont produits dans des ensembles de couches très épais, ils ont dû, en effet, donner lieu à des pressions ou à des tensions énormes, et par conséquent aux modifications physiques qui peuvent en résulter.

M. Gosselet fait ensuite la communication suivante :

Dès le début de cette session, je signalais des analogies de structure entre l'Ardenne et les Alpes. Parmi les nombreux faits de dislocation que j'ai trouvés semblables dans ces deux pays, il en est un sur lequel je désire insister, parce que les explications données par M. Lory me paraissent avoir laissé quelque doute dans les esprits.

M. Lory nous a fait remarquer qu'autour du Bourg-d'Oisans, le

Lias est en couches horizontales sur les plateaux et qu'il est fortement plissé dans les vallées. Il repose en stratification discordante sur les tranches des micaschistes. M. Lory admet que ceux-ci, ayant été relevés après le dépôt des terrains primaires, n'ont pu subir de plissements ultérieurs, mais qu'ils ont éprouvé des *failles* et des *glissements*. Les parties correspondantes aux vallées actuelles se sont affaissées, les couches du *Lias* superposées ont glissé dans la dépression et s'y sont plissées. Celles qui étaient superposées aux micaschistes restés en place et formant plateau ont suivi la partie qui descendait dans la vallée et ont dû ainsi *traîner* à la surface des micaschistes. Ce *traînage* des couches horizontales sur la surface des plateaux a paru, à plusieurs membres de la Société, difficilement admissible, et moi-même j'en doute un peu.

D'un autre côté, j'ai observé une disposition analogue dans l'Ardenne, au contact des terrains *dévonien* et *silurien*. Sur le plateau, les couches dévoniennes reposent en stratification horizontale ou peu inclinée, sur les tranches des schistes siluriens ; sur les pentes, au contraire, elles sont en couches plus inclinées, quelquefois renversées. Voici l'explication que j'en ai donnée :

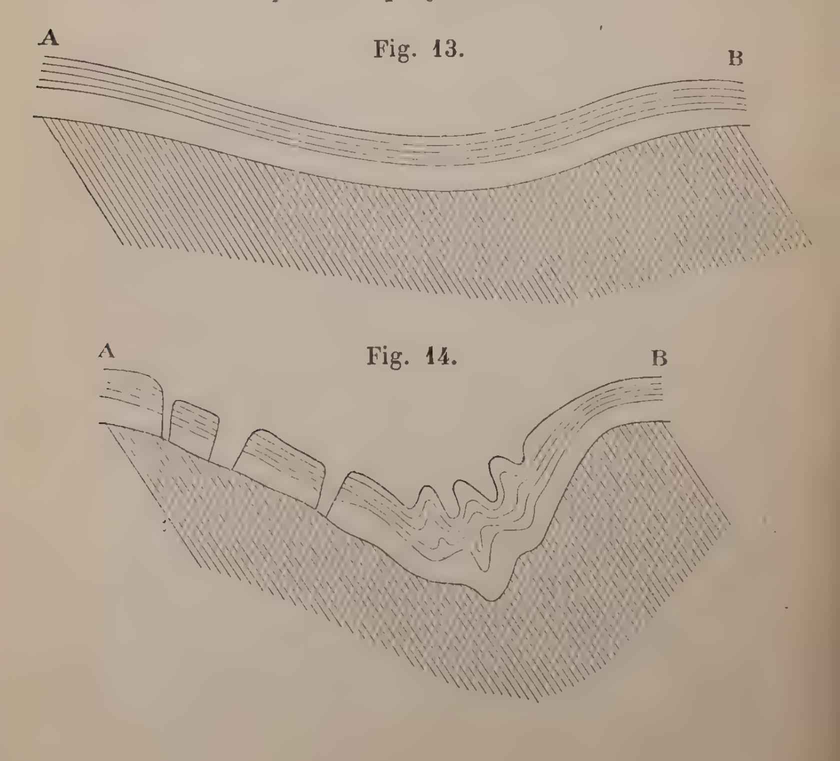


Fig. 13.

Fig. 14.

Les bancs inférieurs glissent les uns sur les autres, dans la direction des feuillets des schistes, et en restant toujours parallèles à eux-mêmes. Dans ce glissement, les couches du centre se laminent et s'amincissent, de sorte que les deux points A et B, qu'on peut supposer restés à leur hauteur primitive, sont rapprochés l'un de l'autre. Les couches du terrain supérieur restent horizontales sur les plateaux et y conservent la même position par rapport aux couches sous-jacentes ; sur les pentes, elles peuvent glisser et se rompre en lambeaux plus ou moins distants ; dans le fond, elles se plissent et se gonflent. Ce sont les couches supérieures, celles qui ont le moins de place qui éprouvent aussi les plissements les plus considérables.

Au sujet de cette communication de M. Gosselet, M. **Lory** présente les observations suivantes :

Je suis doublement satisfait de la communication que vient de faire M. Gosselet, d'abord parce qu'elle démontre que les principes, d'après lesquels je crois pouvoir expliquer la structure de notre *première zone alpine*, sont susceptibles d'être appliqués à des régions d'une constitution bien différente ; et ensuite, parce qu'elle appelle de ma part un complément d'explication sur un point qui a laissé quelques doutes à plusieurs de nos confrères.

L'explication que donne M. Gosselet des faits qu'il a observés dans l'Ardenne et les figures dont il l'accompagne indiquent évidemment des conditions tout autres que celles des Alpes. Elles supposent, dans les schistes *siluriens*, une *plasticité*, une *malléabilité* dont les schistes cristallins de nos Alpes ne sont pas susceptibles. Les figures tracées par M. Gosselet indiquent, du reste, que, dans ces localités de l'Ardenne, les faits se sont produits sous des pressions bien moindres que celles qui résultaient de l'énorme épaisseur de nos terrains secondaires des Alpes. Je ne serais même nullement étonné que des faits tout pareils fussent en voie de se produire actuellement, par suite d'un ramollissement déterminé par des infiltrations aqueuses, dans certaines assises des schistes argileux. Malgré les différences résultant de ces conditions, autres que celles de nos Alpes, le glissement du terrain supérieur, à mesure que sa base s'effondrait, a donné des résultats qui ressemblent beaucoup, en petit, à ce que la Société a vu dans l'Oisans, et je n'hésite nullement à invoquer, à l'appui de mes idées, les observations faites par notre savant confrère dans une région qu'il a élucidée par de si remarquables travaux.

M. Gosselet, en répondant, tout à l'heure, aux observations de M. Jannettaz, a pris soin lui-même de montrer comment, d'après

les principes que je posais en 1873 (1), les *plissements* du *Lias* ont pu résulter de *glissements* inégaux des schistes cristallins, antérieurement redressés et devenus rigides. C'est ainsi que j'avais expliqué, en 1875, la structure de la vallée de Chamonix (2) et tous les profils dont j'ai accompagné les comptes-rendus de nos excursions dans l'Oisans mettent ces faits en évidence dans les conditions les plus variées.

Reste l'objection dont parlait à l'instant M. Gosselet, la difficulté de concevoir le *traînage* des terrains secondaires horizontaux, sur la surface des anciens plateaux, pour venir s'adapter, par des plis multipliés, aux dépressions résultant des dislocations de leur base. Cette question, étudiée sur place, ne m'a jamais paru embarrassante.

Les dislocations des terrains anciens ayant eu lieu par des fractures, des *failles*, de même orientation (ou à peu près) que celle de leurs couches précédemment redressées, il s'en est suivi nécessairement une grande mobilité des feuillets des schistes cristallins, ainsi hachés et découpés, les uns par rapport aux autres. Pressés sous l'énorme poids des terrains supérieurs, ces schistes ont glissé, non seulement suivant les fractures de premier ordre, les grandes failles, mais encore suivant les fentes coordonnées à ces fractures principales, et surtout suivant leurs plans de stratification, qui avaient à peu près la même orientation.

Ainsi, entre deux affaissements déterminant deux de nos vallées alpines actuelles, ou deux bandes de *Lias* incliné et plissé, par exemple celles des deux versants de la chaîne de Belledonne ou de la chaîne du Brévent, les schistes cristallins, au cours même de ces dislocations, n'ont pas gardé la forme *tabulaire* d'un *plateau;* ils ont glissé les uns sur les autres, sur les deux côtés, et ce n'est qu'exceptionnellement que certains points de la partie médiane sont restés, *relativement*, en repos, et ont eu la chance de conserver ainsi de rares *témoins* des terrains secondaires horizontaux, couronnant leurs cimes.

(Exemples : sommet de Chanrousse, 2,253^{m}, à l'est-sud-est de Grenoble, et sommet le plus élevé des Aiguilles Rouges, 2,958^{m}, près Chamonix.)

La forme de toit à double pente de nos massifs actuels, n'est pas un résultat de l'érosion séculaire ; elle s'est produite, des deux côtés de chacun d'eux, par glissement des schistes cristallins, les uns sur les autres, suivant leurs plans de stratification, ou par de petites failles échelonnées, quand les roches étaient à peu près massives,

(1) *Bull.*, 3e sér., t. I, p. 400-403.
(2) *Bull.*, 3e sér., t. III, p. 785-786.

comme sur le flanc occidental du massif des Rousses (fig. 10, p. 662); et ces minimes placages de *Lias*, conservés encore à différents niveaux sur les gradins de leurs versants, affirment manifestement le mécanisme de la formation de ce relief, et la très faible part des érosions ultérieures dans la configuration actuelle.

Voilà pour le *soubassement :* il n'a pas gardé la forme de *plateaux* entre des vallées résultant d'affaissements; dès l'époque des dislocations *post-liasiques*, son relief a reçu, lui-même, sa configuration en massifs à double pente, et par conséquent les terrains secondaires n'ont pu laisser, sur les hauteurs, que de rares et minimes témoins de leur extension générale; ils sont entrés en mouvement partout ailleurs, pour suivre les nouvelles pentes de leur soubassement.

A la rencontre des failles, des dénivellations plus ou moins brusques, le *décollement* des terrains secondaires ne s'est pas fait nécessairement suivant leur surface de séparation d'avec le sol ancien : il s'est fait au contraire, de préférence, suivant des couches argileuses constituant des *surfaces de glissement facile.*

Lorsque le *Trias* existe, le glissement s'est opéré généralement suivant les couches gypseuses, et il a pu en résulter des discordances apparentes entre les assises supérieures au gypse et les grès inférieurs, comme cela se voit à Allevard.

Quand le Trias manque, comme c'est le cas le plus fréquent en Oisans, il arrive souvent que le *Lias* commence par des bancs gréseux ou bréchiformes, et des calcaires magnésiens compacts, intimement moulés et comme *cramponnés* sur les roches primitives. Nous en avons vu plusieurs exemples, ci-dessus, dans notre excursion en Oisans (journées des 9 et 10 septembre), et c'est un fait décrit avec détail, depuis longtemps, dans le mémoire de M. Dausse sur la structure des Grandes-Rousses (1). Alors ce n'est pas suivant ces couches inférieures que le décollement s'est opéré; elles sont restées accrochées par lambeaux, sur les gradins étagés des massifs saillants, comme le montre notre coupe (fig. 10, p. 662). Le glissement a eu lieu suivant quelqu'une des assises plus argileuses qui leur étaient superposées; et il arrive ainsi que ce sont souvent des couches assez élevées dans la série du *Lias* que l'on voit, sur les flancs de nos vallées alpines, en contact immédiat avec les schistes primitifs et semblant même, parfois, concordants avec eux. Mais, comme je le disais en 1875, pour la rive droite de la vallée de Chamonix, cette concordance apparente n'est que l'effet d'un contact anormal et accidentel : la roche sous-jacente ne représente alors nullement le

(1) *Mém. de la Soc. Géol.*, 1re série, t. II, 1837.
(2) *Bull.*, 3e série, t. III, p. 785.

fond sur lequel s'est déposée la couche qui lui est appliquée, pas plus que leur parallélisme local et accidentel (résultant de l'*adaptation par glissement*), ne prouve que les terrains anciens n'ont été redressés qu'après le dépôt du terrain secondaire.

Tous ces faits rentrent dans l'ordre de ceux qui m'ont conduit, à expliquer, en 1864, l'anomalie de Petit-Cœur (1), par des chevauchements résultant de glissements de ce genre, sans faire appel à aucun de ces replis *théoriques* que l'on avait précédemment supposés et dont l'inspection attentive des terrains ne montrait aucune trace.

J'ose espérer, qu'après ces éclaircissements, l'objection que M. Gosselet a formulée au nom de quelques-uns de nos confrères, ne conservera plus de valeur sérieuse et que les faits observés par la Société dans son excursion en Oisans pourront être invoqués à l'appui des idées que je lui ai soumises. Je suis convaincu que ces idées peuvent recevoir des applications dans bien d'autres régions, où l'on peut distinguer, de même, des dislocations de diverses époques. Je les crois particulièrement applicables à la stratigraphie de presque tous les bassins houillers. Lorsque j'avais formulé ces idées dans la Réunion du Congrès international de Géologie, à Paris, en 1878, M. Dupont m'écrivit qu'elles lui paraissaient se vérifier pleinement pour les terrains anciens de la Belgique. M. Gosselet vient de nous en signaler des confirmations remarquables dans l'Ardenne. Je ne crois pas pouvoir mieux terminer cette dernière communication qu'en exprimant le vœu d'une prochaine Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France dans cette Ardenne, dont notre savant confrère a si bien débrouillé la structure et où il a conquis tant de droits incontestables à nous servir de guide.

M. **Hébert**, au nom de la Société géologique, remercie M. Lory d'avoir bien voulu guider ses confrères dans une région aussi intéressante que celle des Alpes françaises. Il rappelle que M. Lory est arrivé, par ses belles et savantes recherches, à débrouiller d'une façon magistrale le chaos de la géologie de cette région, si compliquée et si méconnue jusqu'à lui.

M. **Lory**, reprenant place au fauteuil, prononce l'allocution suivante :

Messieurs et honorés confrères,

S'il est une récompense que j'aie particulièrement ambitionnée,

(1) *Bull.*, 2ᵉ série, t. XXII, p. 48.

depuis trente-deux ans que je me suis dévoué à l'étude des Alpes, c'est la satisfaction qui m'a été donnée, durant cette semaine, de servir de guide à la Société géologique et de le lui soumettre, sur place, les résultats d'observations longuement poursuivies. Rien ne pouvait m'être plus précieux que le témoignage qui vient de m'être rendu par l'un de nos maîtres les plus aimés et les plus autorisés de la Géologie française.

Mais vous me permettrez de rappeler aussi, de mon côté, les noms de quelques-uns des géologues qui, depuis quarante ans, ont contribué tout particulièrement aux progrès de nos connaissances dans cette région.

Dans notre première séance, je vous ai parlé de la première Réunion de la Société géologique à Grenoble, en 1840, qui fut dirigée par mon éminent prédécesseur Émile Gueymard. Nous avons eu l'occasion de voir, dans notre course en Oisans, avec quelle sûreté de jugement il avait apprécié des questions difficiles, alors que la haute influence d'Élie de Beaumont tendait à faire prévaloir des idées absolument contraires.

Les connaissances paléontologiques qui ont préparé l'étude précise de nos terrains des chaînes subalpines sont dues surtout, dans le département de l'Isère, à la sagacité persévérante d'Albin Gras.

A la stratigraphie des environs de Chambéry, à la découverte des fossiles de la *Craie blanche* dans le massif de la Chartreuse, se rattachent les noms de l'abbé Chamousset, de l'abbé Vallet, et de notre sympathique vice-président M. Louis Pillet.

L'existence du *Trias*, affirmée, en premier lieu, par Fournet, en ce qui concerne les grès d'Allevard et autres, assimilables au *grès bigarré*, est devenue incontestable, depuis la découverte de l'*Infrà-lias* dans le nord de la Savoie, par M. Alphonse Favre.

La rencontre de Nummulites en Maurienne, par M. Pillet, la découverte de l'*Infrà-lias*, dans le même pays, par l'abbé Vallet, ont été des données capitales pour la solution définitive de la grande question des *grès à anthracite*.

Sans le concours de ces deux excellents collaborateurs, je n'aurais pas osé entreprendre de débrouiller la structure si compliquée de la Maurienne et de la Tarantaise ; ce sont de ces pays en présence desquels il est difficile qu'un géologue seul, quel qu'il soit, se sente suffisamment sûr de ses propres aperçus. La mort prématurée de l'abbé Vallet a été une perte bien regrettable pour la science, comme pour ses nombreux amis.

Dans ces dernières années, les recherches persévérantes de M. Pillet ont fait connaître la stratigraphie et les faunes si intéres-

santes des divers niveaux de la colline de Lémenc. M. Huguenin a exploré, avec non moins de succès, les diverses assises de Crussol, et les remarquables séries de fossiles qu'il y a recueillies ont donné lieu aux importants travaux paléontologiques commencés par MM. Dumortier et Fontannes et continués par M. Fontannes seul.

M. Jaubert, M. Garnier et M. l'abbé Soulier, ont placé sous vos yeux de belles et nombreuses séries de fossiles de divers étages jurassiques et crétacés, qui doivent servir de base à des recherches importantes sur la stratigraphie, encore un peu obscure, de plusieurs parties des Hautes-Alpes et de la Drôme.

Enfin les travaux de M. Fontannes ont jeté un jour nouveau sur la partie supérieure de la série tertiaire dans le bassin du Rhône, et par conséquent sur les caractères et les époques des derniers mouvements qui ont donné lieu au relief des Alpes occidentales.

Tels sont, messieurs et chers confrères, quelques-uns des progrès que vous êtes venus constater, dans ce beau champ d'études des Alpes françaises, où la Société géologique a tenu déjà un certain nombre de Réunions et ne manquera pas d'en avoir encore d'autres. Celle-ci même a appelé votre attention sur des questions nouvelles qui vous y ramèneront nécessairement. Permettez-moi d'exprimer le vœu que ce soit bientôt, et de conserver l'espoir que je puisse, une fois encore, vous y servir de guide.

Un grand nombre d'entre vous, messieurs et chers confrères, étant obligés de s'éloigner pour les diverses réunions scientifiques auxquelles ils ont promis de se rendre, nous ne pourrons plus tenir d'autres séances; et sauf la belle excursion aux mines d'Allevard, que vous avez fixée à demain lundi, je déclare close la présente Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France à Grenoble.

Résumé de la *Course du lundi*, 12 *septembre* 1881

par M. **Lory**.

La Société Géologique ne pouvait pas quitter les Alpes du Dauphiné, sans se rendre à la gracieuse invitation que la Compagnie du Creusot lui avait faite de visiter ses importantes mines de fer spathique du canton d'Allevard.

Conformément au programme arrêté dans la première séance de la Réunion, et bien que réduite à environ une trentaine de membres, à cause des diverses réunions scientifiques, et particulièrement du Congrès géologique international de Bologne, où un grand nombre

de nos confrères avaient projeté de se rendre, la Société est partie de Grenoble, en chemin de fer, le lundi 12, à 6 heures et demie du matin, et s'est arrêtée à la station du Cheylas, d'où elle s'est dirigée vers le premier plan incliné du chemin de fer d'exploitation, gracieusement mis à sa disposition. MM. Cluzel, directeur, Tibon, ingénieur, et Dubois, chef comptable de l'exploitation des mines de la Compagnie du Creusot, avaient bien voulu se charger de recevoir la Société et de l'accompagner dans cette excursion.

Chemin faisant, M. Lory a fait remarquer à la Société l'aspect de la belle terrasse d'*alluvions anciennes* qui règne sur la rive droite de l'Isère, en s'élevant à près de 200 mètres au-dessus du thalweg actuel, et s'étendant sans discontinuité sur 10 kilomètres de long, de Chapareillan au Touvet. Ces *alluvions anciennes*, sableuses et caillouteuses, sont nettement stratifiées, et renferment même, entre Chapareillan et Barraux, une intercalation de couches d'argiles fines, bleuâtres, employées comme terres à briques, et dans lesquelles s'est rencontré un petit dépôt assez étendu de *bois fossiles*. Les cailloux roulés de ces alluvions appartiennent à des roches des hautes vallées savoisiennes, surtout de la Maurienne; on y trouve, particulièrement, beaucoup de galets de *quartzites triasiques* et des *grès houillers inférieurs* des environs de Modane. La vallée de Grésivaudan était, très probablement, occupée par un lac, où ces alluvions de l'Isère savoisienne ont formé un delta incliné, comme celui que le Rhône forme aujourd'hui dans le lac Léman. Le dépôt paraît s'être prolongé, à une certaine époque, jusqu'au village de Saint-Nazaire, à 17 kilomètres en aval du Touvet; car le monticule, isolé dans la vallée, sur lequel est situé ce village est formé, dans toute sa partie inférieure, de lits de sables et de graviers, où l'on trouve encore beaucoup de *quartzites triasiques*, qui ne peuvent venir que de la Maurienne ou de la Tarantaise.

Ces *alluvions anciennes* sont *antè-glaciaires*, antérieures à l'envahissement, par les glaciers alpins, de cette profonde vallée, si rapprochée pourtant des grandes Alpes, et dominée, sur sa rive gauche, par la chaîne de Belledonne, qui conserve encore des glaciers notables. Cette grande terrasse d'alluvions ne contient ni cailloux striés, ni blocs erratiques ; mais elle a été recouverte par un placage épais de boue glaciaire ; et les blocs alpins, d'origine savoisienne, ont été déposés par les glaciers quaternaires, sur les plateaux calcaires de la rive droite, jusqu'à plus de 600 mètres au-dessus du niveau de cette terrasse.

Sur la rive gauche de l'Isère, les *alluvions antè-glaciaires* ont été généralement enlevées par l'érosion ; il n'en reste que quelques rares

témoins sur les coteaux, et un seul dans le fond de la vallée, au village de la Pierre, près Tencin.

Le premier plan incliné du chemin de fer industriel, partant du Cheylas, est donc déjà établi sur la roche en place, sur le *Lias*, dont les couches plongent uniformément sous la vallée. Mais sur la voie qui succède à ce plan incliné, jusqu'à Saint-Pierre d'Allevard, on voit le Lias redevenir à peu près horizontal, puis plonger et enfin se relever de nouveau vers les Alpes, décrivant ainsi, dans l'ensemble, un pli anticlinal et un pli synclinal.

Par les autres plans inclinés qui se succèdent au-dessus de Saint-Pierre d'Allevard, la Société a été transportée jusqu'à l'entrée de la Tailla, à l'altitude de 1112 mètres. Elle a visité les travaux extérieurs et la galerie d'accès, qui traverse, d'abord, un revêtement superficiel de terrains remaniés, puis les dolomies et les grès du *Trias*, et n'atteint les schistes qu'à environ 350 mètres de son entrée. Les dolomies sont inclinées d'environ 30° et en partie transformées en roche caverneuse (*cargneule*) par la dissolution partielle du carbonate de magnésie. Au-dessous, viennent des grès tendres, d'un rouge lie de vin, plus ou moins argileux; puis les grès durs, *bigarrés*, presque purement siliceux, semblables à ceux que l'on voit à Allevard, près des forges, au lieu dit le *Bout-du-Monde*. Ces grès durs, inférieurs, sont plus fortement redressés que les dolomies; mais il ne faut pas voir dans ce fait l'indice d'une discordance : la différence d'inclinaison, qui s'observe de même à Allevard, résulte de l'écrasement de l'assise tendre intermédiaire et du glissement qui a eu lieu suivant cette assise.

Un premier filon de *fer spathique* à grandes facettes, dit *maillat*, se rencontre dans les dolomies; mais le filon principal, qui est de minerai à petites facettes, dit *rives*, est encaissé dans les schistes cristallins.

Ces minerais (abstraction faite de la gangue, qui est quartzeuse), contiennent, en moyenne, environ 3,5 0/0 de carbonate de manganèse; les *rives* sont, en général, un peu plus riches en fer que les *maillats*, la proportion de carbonate de magnésie étant, en moyenne, de 8 0/0 environ, dans les premiers, et de 11 0/0 dans les seconds. En raison de cette composition, les *rives* étaient d'un traitement plus facile par les anciens procédés, et par suite, recherchés particulièrement pour la fabrication de l'acier dit de Rives (Isère), d'où est venu leur nom. De plus, on rencontre souvent, surtout dans les parties voisines du jour, des portions de filons où le minerai a été altéré par les infiltrations aqueuses de la surface, qui ont fait passer le fer et le manganèse à l'état d'oxydes hydratés et ont dissous le carbonate

de magnésie. Ces minerais altérés, dits *mines douces*, étaient particulièrement recherchés par les anciens.

Les filons de minerais *rives* sont, pour la plupart, peu éloignés de de la direction nord-sud, et se rencontrent seulement dans les schistes cristallins (*schistes chloriteux* et *talcschistes* ou *schistes à séricite*); les filons de *maillats* se rapprochent plus généralement de la direction est-ouest, et passent souvent dans les grès et mêmes les dolomies du *Trias*, ce qui tend à leur faire assigner un âge moins ancien.

MM. les Ingénieurs de l'exploitation ont mis la plus grande obligeance à diriger cette visite de la Société à la mine de la Tailla et à donner les détails les plus intéressants sur les allures du filon et ses différences de composition aux divers étages de l'exploitation. D'autre part, M. Küss, ingénieur des Mines à Grenoble, a bien voulu rédiger, pour le compte-rendu de cette excursion de la Société, la notice suivante, qui donnera un aperçu des plus précis sur les conditions de ce gisement et sur l'ensemble des filons de fer spathique du canton d'Allevard.

Note sur les **filons de fer spathique** du **canton d'Allevard**

par M. **Henri Küss**.

La Compagnie du Creusot exploite, à la Tailla, deux filons principaux. La grande galerie de roulage qui y donne accès (galerie Sainte-Madeleine, altitude : 1,112 m.) traverse d'abord 140 mètres environ de terrains remaniés, puis une égale épaisseur de calcaire dolomitique dit *berlan;* à 278 mètres du jour, elle recoupe un premier filon de minerai de fer spathique, dit *filon-maillat*, puis elle entre dans les grès triasiques, les traverse sur une soixantaine de mètres et pénètre dans les schistes cristallins anciens, où elle rencontre, à 420 mètres du jour, un deuxième filon de minerai de fer spathique, dit *filon-rives :* c'est dans ce dernier filon que les travaux ont le plus grand développement. Comme le *filon-maillat*, il a une puissance très variable, atteignant fréquemment 6 ou 8 mètres; il est divisé par un grand nombre de failles qui y produisent des rejets, parfois importants ; par suite de ces rejets, la direction moyenne du filon diffère beaucoup de sa direction vraie, c'est-à-dire de celle des segments compris entre deux failles consécutives. Celle-ci est sensiblement nord 30° ouest à sud 30° est. Le *filon-rives* a une inclinaison de 75 à 80° vers l'E.N.E., tandis que le *filon-maillat* plonge dans le même sens, sous

un angle de 60° seulement. Presque toutes les failles sont dirigées nord 60° ouest, et plongent vers le S.S.E.; tantôt elles sont simplement remplies de matières broyées, tantôt elles forment de véritables filons croiseurs, dont le remplissage est ordinairement du fer spathique à grandes lamelles (*maillat*), exceptionnellement du fer spathique à petites lamelles (*rives*).

Dans la mine voisine de Croix-Reculet, exploitée également par la Compagnie du Creusot, le *filon-rives* principal est dirigé est-ouest et plonge de 80° vers le nord. Il est coupé par des croiseurs *maillats* qui ont à peu près la direction des filons principaux de Sainte-Madeleine, et par des failles plus récentes dont la direction est la même que celle des failles de la Tailla.

Bien que le nombre des croisements connus ne suffise pas encore à établir une classification certaine des filons par ordre d'âge, il semble que l'on puisse admettre dès maintenant la succession suivante :

1° Formation du filon-*rives* de la Tailla, dirigé nord 30° ouest à sud 30° est et du filon-*rives* de la Croix-Reculet, dirigé E.-O.;

2° Formation du filon-*maillat* de la Taillat et des croiseurs *maillats* de la Croix-Reculet, parallèles en direction au filon-*rives* de la Taillat;

3° Formation de failles dirigées nord 60° est à sud 60° ouest et remplissage de quelques-unes de ces failles par du minerai de fer.

Le remplissage de tous les filons d'Allevard consiste en minerai de fer spathique à grandes lamelles (*maillat*) ou à petites lamelles (*rives*), avec gangue formée essentiellement de quartz blanc laiteux ou cristallisé, accessoirement de dolomie et de carbonates multiples de fer, manganèse, chaux et magnésie. La *pyrite de fer*, la *pyrite de cuivre*, parfois la *blende*, se rencontrent surtout au voisinage des failles, parfois aussi en mouches disséminées dans le minerai. Fréquemment, surtout lorsque les filons sont très puissants, des fragments détachés du toit sont intercalés dans le remplissage; on constate d'ailleurs que les filons ont généralement une salbande assez nette au mur, tandis qu'au toit ils se divisent en ramifications nombreuses. Près des affleurements, et aussi dans quelques régions à l'intérieur, le minerai de fer est ordinairement *hématisé*.

Les filons d'Allevard, ou du moins quelques-uns d'entre eux, sont à coup sûr postérieurs au *Trias* : le *filon-maillat* est sur une partie de son parcours intercalé entre les grès triasiques et le *berlan;* plus loin il est encaissé dans les schistes cristallins. Ils ne paraissent pas pénétrer dans les calcaires schisteux du Lias.

Suite de la Course du 12 septembre.

Vers midi, la Société est arrivée à la maison de la Tailla, en suivant le revêtement de *Trias* qui continue tout le long du flanc de la montagne, pour aller passer aux forges d'Allevard et se continuer jusqu'à Aiguebelle (Savoie). D'autre part, un lambeau très étendu de ce même *Trias*, réduit aux grès de son étage inférieur, s'étend en un recouvrement presque horizontal, sur le faîte du même chaînon, entre Theys et la Ferrière ; à son point culminant (Grand-Rocher, signal, 1930 m.), on voit très nettement la superposition discordante de ces grès du *Trias* sur les tranches des schistes cristallins (1).

A la maison de la Tailla, une merveilleuse réception avait été préparée à la Société : un splendide déjeuner lui a été offert par la Compagnie du Creusot. La table avait été dressée dans une clairière entourée de sapins séculaires, à quelques pas d'un belvédère naturel, d'où le regard pouvait embrasser les cimes de la Chartreuse et des Bauges, et s'étendre, par la grande coupure transversale de Chambéry, jusqu'au lac du Bourget. La musique des mineurs de la Compagnie avait voulu, elle aussi, fêter la venue de la Société Géologique, et pendant la durée du repas, elle fit entendre les morceaux les plus harmonieux de son répertoire.

Le président s'est fait l'organe de tous ses confrères en remerciant M. le Directeur et MM. les Ingénieurs de l'exploitation, et en les priant de transmettre à M. Schneider et à la Compagnie du Creusot les sentiments de gratitude de la Société, pour cette réception aussi gracieuse que magnifique, qui laissera de profonds souvenirs à tous les membres de la Réunion.

Ensuite la Société est redescendue à Saint-Pierre d'Allevard, où elle a examiné avec un vif intérêt une belle collection d'échantillons recueillis dans les exploitations de la Tailla et de la Croix-Reculet.

Après avoir pris congé de M. le directeur Cluzel et de ses collaborateurs, en les remerciant encore de leur si obligeant accueil, les membres de la Société se sont définitivement séparés, la plupart retournant à Grenoble, les autres se dirigeant sur Allevard, tous emportant de cette journée et de celles qui l'avaient précédée des impressions aussi agréables que fructueuses.

(1) Lory, *Descr. géol. du Dauphiné*, § 47.

TABLE GÉNÉRALE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE GÉNÉRALE DES ARTICLES

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

TABLE

DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

POUR LE NEUVIÈME VOLUME

(TROISIÈME SÉRIE)

Année 1880-1881

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

W

TABLE DES GENRES ET DES ESPÈCES

DÉCRITS, FIGURÉS, DISCUTÉS ET DÉNOMMÉS A NOUVEAU

ET DES SYNONYMIES INDIQUÉES DANS CE VOLUME

LISTE DES PLANCHES

DATES DE LA PUBLICATION

DES NUMÉROS QUI COMPOSENT CE VOLUME.

Livraison 1, (Feuilles 1-4 et *A*, pl. I, II), mars, 1881.
— 2, (— 5-9 et *B*, pl. III, IV), avril, 1881.
— 3, (— 10-13), ... mai, 1881.
— 4, (— 14-21 et *C*, (pl. V, VI), juin, 1881.
— 5, (— 22-27 et *D*, pl. VII à XII), août, 1881.
— 6, (— 28-36, pl. XIII à XV), septembre, 1881.
— 7, (— 37, pl. XVI et XVII),, mars, 1884.

ERRATA

IX (3e série),	17,	5,	*au lieu de* :	Pandamées,	*lisez* :	Pandanées.
—	»,	»,	—	Araïdées,	—	Aroïdées.
—	»,	12,	—	Pandamées,	—	Pandanées.
—	18,	6,	—	Épithrachlée	—	Épithrochlée.
—	»,	»,	—	Épicardyle,	—	Épicondyle.
—	39,	12,	—	Forme,	—	Faune.
—	62,	(avant-dernière),	—	Leroy,	—	Lory.
—	65,	(légende de la fig. 1),	—	A. Calcaire;... C. Sénonien urgonien, *lisez* : A. Calcaire urgonien... C. Sénonien.		
—	69,	1,	—	blancs : *lisez* : blanc.		
—	70,	(note 3),	—	Descriptions géologiques : *lisez* : Description géologique.		
—	72,	27,	—	de	*lisez* :	du.
—	221	6	*au lieu de* :	**Parrain**,	*lisez* :	**Parran.**
—	418,	10,	—	précises,	—	précisées.
—	427,	10,	—	,	;	
—	428,	40,	—	,	;	
—	430,	24,	—	,	;	
—	431,	37,	—	ou,	et.	
—	433,	33,	—	continue,	constitue.	

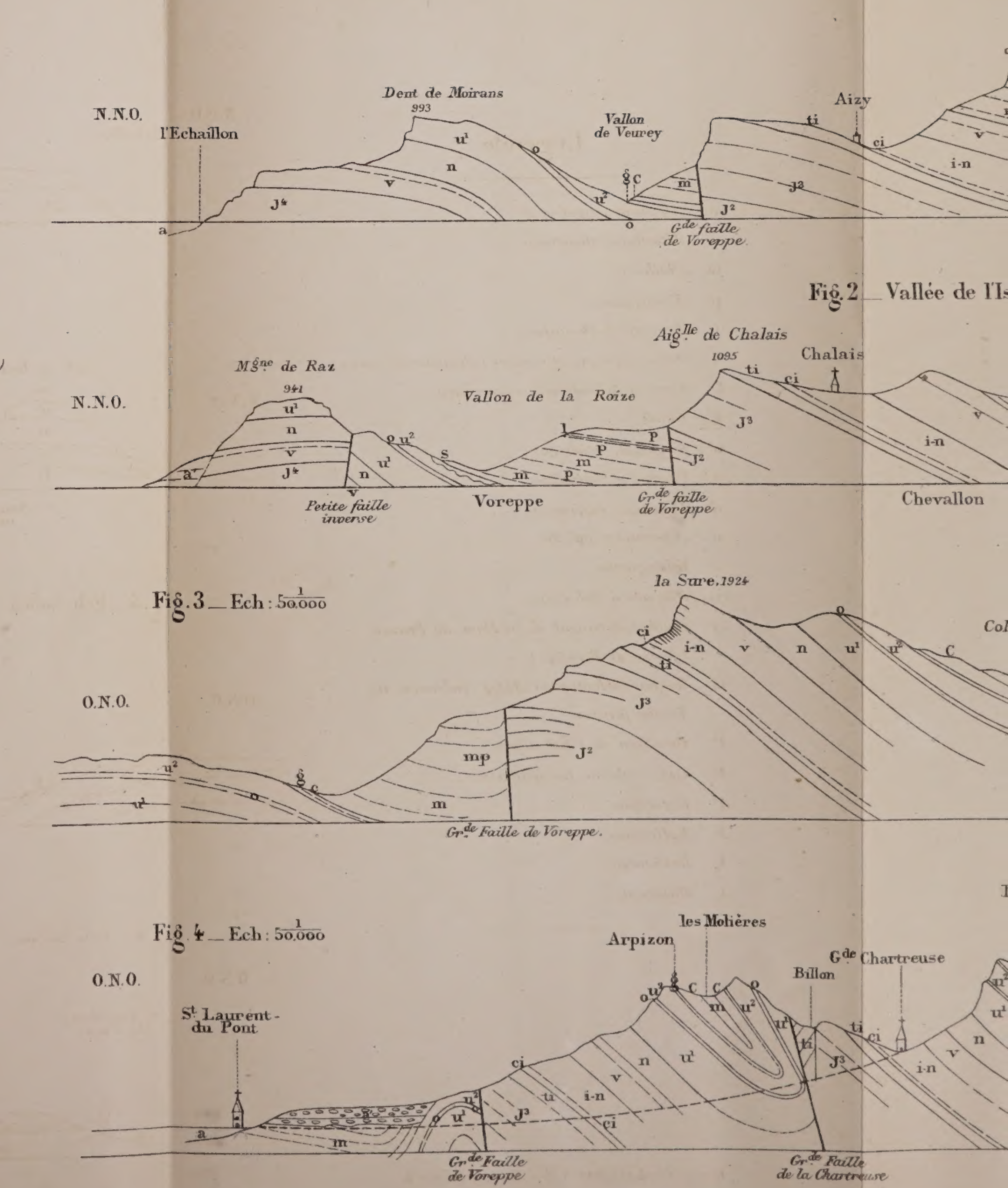
Tableau 2 (Note de M. Arnaud), *ajoutez* : (1) *Après la* 5e *ligne de la* 2e *colonne.*

F. Aureau. — Imprimerie de Lagny.

Bull. de la Soc. Géol. de France.

Légende

a	*Alluvions modernes.*
a'	*Alluvions anciennes.*
m	*Mollasse.*
p	*Poudingues.*
l	*Lignite de Pommiers.*
s	*Sables bigarrés et argiles réfractaires (éocène)*
C	*Craie à Belemnitella mucronata.*
g	*Gault.*
u^2	*Urgonien supérieur.*
o	*Couches à orbitolines.*
u^1	*Urgonien inférieur.*
n	*Néocomien pp.t dit.*
v	*Valanginien.*
i-n	*Marnes à Bel. latus.*
ci	*Couches à ciment de la Porte de France, (faune de Berrias).*
ti	*Couches tithoniques; Aizy; calcaire à Terebr. janitor.*
J^4	*Corallien de l'Echaillon.*
J^3	*Calc. à Amm. tenuilobatus.*
J^2	*Oxfordien.*
J^1	*Kellowien.*
J_1	*Bathonien.*
J_{11}	*Bajocien.*



Gravé chez L. Wuhrer, r. de l'Abbé de l'Epée 4.

PROFILS GÉOLOGIQUES DU BASS

Fig. 1 — Gypses triasiques de Champ et de Vizille. — Ech: $\frac{1}{15.000}$

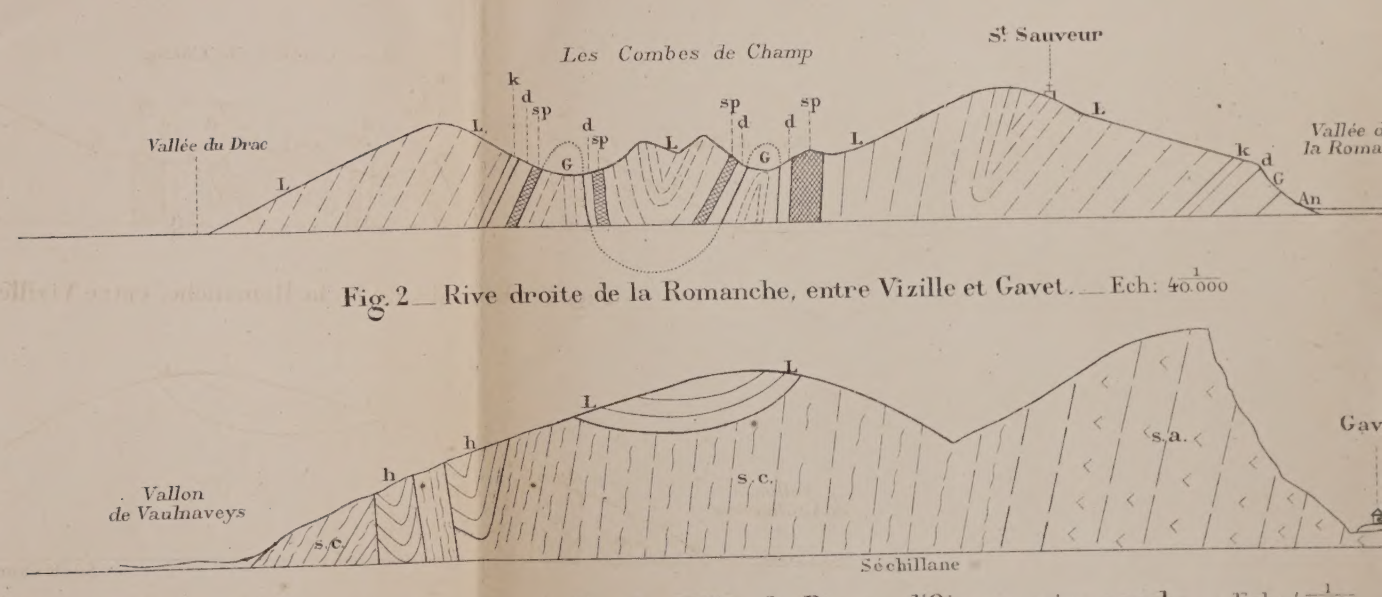


Fig. 2 — Rive droite de la Romanche, entre Vizille et Gavet. — Ech: $\frac{1}{40.000}$

Fig. 3 — Vallée du Bourg-d'Oisans, rive gauche. — Ech: $\frac{1}{40.000}$

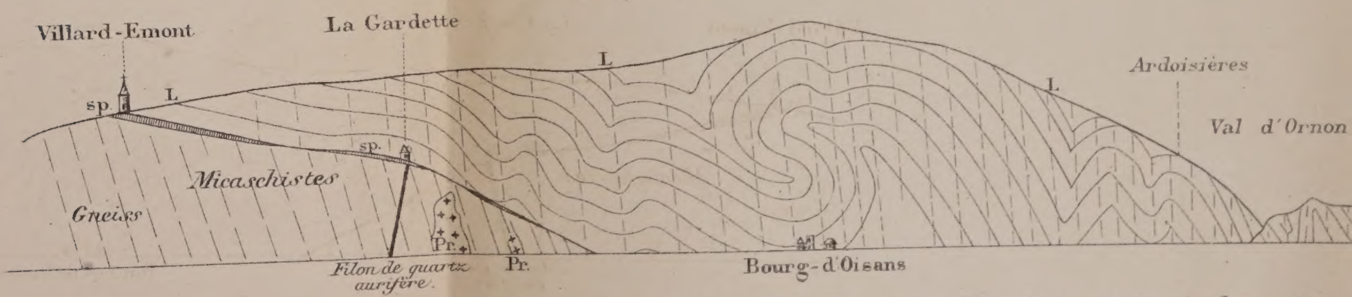
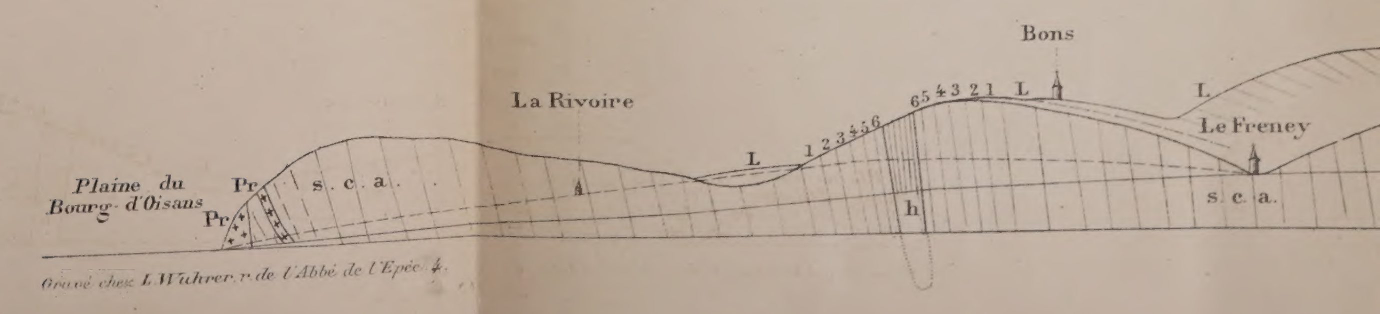


Fig 4 — Route du Pont St Guillerme au Chambon, rive gauche. — Ech:



Gravé chez L. Wuhrer, r. de l'Abbé de l'Epée 4.